DIE NATURWISSENSCHAFTEN

22. Jahrgang | 12. Oktober 1934 | Heft 41

Über neue Beugungserscheinungen an schwingenden Kristallen.

Von Cl. Schaefer und L. Bergmann, Breslau.

(Aus dem Physikalischen Institut der Universität.)

Wir haben zu Beginn dieses Jahres an anderer Stelle[1] eine kurze Notiz über die Erzeugung von Laue-Diagrammen mit optischen Wellen veröffentlicht. Es ist ja schon verschiedentlich versucht worden, zu der Beugung der Röntgenstrahlen in den Raumgittern der Kristalle ein Analogon im Gebiete des sichtbaren Lichtes darzustellen, also ein künstliches Raumgitter zu schaffen, bei dem die Gitterpunkte einen gegenseitigen Abstand in der Größenordnung der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes haben. Solche Versuche sind bisher immer an den großen Anforderungen gescheitert, die an die Regelmäßigkeit des Aufbaues eines derartigen Raumgitters gestellt werden müssen. Wir haben nun folgenden Weg eingeschlagen: In einer Flüssigkeit werden mittels dreier in zueinander senkrechten Ebenen angeordneten Piezoquarzen 3 Ultraschallstrahlen erzeugt. In dem Flüssigkeitsparallelepiped, das die Schallstrahlen gemeinschaftlich durchsetzen, erhält man dann ein raumgitterartiges Gebilde, da an den Schnittpunkten der drei in der Schallrichtung laufenden Kompressionswellen Punkte besonders großer Dichte erzeugt werden[2]. Durchstrahlt man ein solches Flüssigkeitsgebilde mit Lichtwellen, so erhält man in der Tat eine Art „Laue-Diagramm", wie es die Fig. 1 für den Fall zeigt, daß die 3 Schallstrahlen gleiche Frequenz haben. Die Blickrichtung fällt mit der Richtung eines Schallstrahles zusammen, und man erkennt deutlich die in diesem Falle auftretende vierzählige Symmetrie[3]. Es macht prinzipiell keine Schwierigkeiten, an Stelle dieses regulären Raumgitters andere Gitteranordnungen zu erzeugen, da sich die 3 Piezoquarze in jeder Stellung zueinander anordnen und auch unabhängig voneinander in verschiedenen Frequenzen anregen lassen, wodurch sich eine Veränderung der Gitterkonstanten ergibt. Es gelingt auch mit nur einem Schallstrahl durch geeignete mehrfache Reflexion das gleiche Ziel zu erreichen[4]. Leider haftet aber diesen Versuchsanordnungen ein Nachteil an: Es treten in der Flüssigkeit beim Hindurchlaufen der Schallstrahlen Erwärmungen auf, die zu einer Schlierenbildung führen, so daß die Beugungsgitter verwaschen werden. Das macht sich besonders bei photographischen Aufnahmen der Erscheinungen sehr störend bemerkbar und veranlaßte uns, an Stelle der Flüssigkeit einen festen Körper zu wählen und in diesem durch gleichzeitige Erregung elastischer Eigenschwingungen in mehreren Richtungen ein künstliches Raumgitter zu erzeugen.

Wir benutzten für diese Versuche Glaswürfel verschiedener Größe, auf die wir 2 bzw. 3 möglichst gleiche Piezoquarzplatten aufkitteten. Die Quarze wurden mit einem Röhrensender in Oberschwingungen angeregt. Es ist dabei zu beachten, daß die Dimensionen der Glaswürfel so gewählt sind, daß eine elastische Oberschwingung des Systems Glaswürfel—aufgekitteter Quarz mit einer Oberschwingung der aufgekitteten Quarzplatte übereinstimmt, so daß das ganze System in kräftige Eigenschwingungen mit der Frequenz der betreffenden Quarzschwingung kommt. Bei diesen Versuchen zeigte es sich, daß es im allgemeinen nur erforderlich ist, auf zwei zueinander senkrechte Würfelflächen je einen Piezoquarz aufzukitten. Der Glaswürfel kommt infolge der Wirkung der Querkontraktion auch in der 3. Richtung in kräftige Eigenschwingungen. Die optische Anordnung war bei diesen und ebenso bei den weiter unten beschriebenen Versuchen folgende: Eine sehr feine Lochblende wurde von einer Bogenlampe intensiv beleuchtet und mittels eines langbrennweitigen Objektivs auf einer Mattscheibe abgebildet. Direkt vor dem Objektiv, und zwar zwischen diesem und der Mattscheibe, befand sich der vom Licht durchstrahlte Glaskörper. Nachdem das Bild auf der Mattscheibe durch subjektive Beobachtung eingestellt war, konnte mit einem einfachen Handgriff die photographische Kamera an Stelle der Mattscheibe eingeschaltet werden. Die Figg. 2—6 zeigen einige an schwingenden Glaswürfeln erhaltene Raumgitterdiagramme. Bei der Aufnahme der Fig. 2 waren nur 2 Piezoquarze in Tätigkeit, und die Anordnung war so gewählt, daß der Würfel in Richtung des Lichtes, also senkrecht zur Papierebene, nur sehr schwach in Schwingungen versetzt wurde. Dadurch kommt in

[1] Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 1934 X.

[2] Wir haben es also hier mit einem Kontinuum zu tun, das nach drei zueinander senkrechten Richtungen eine periodische Struktur aufweist. Dadurch treten die hier beschriebenen Versuche in eine besonders enge Beziehung zu der von E. Lohr, Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl. **133** (2a) **517** (1924) entwickelten Kontinuumstheorie der Laue-Diagramme.

[3] Wir meinen hier und im folgenden stets die geometrische Symmetrie der Beugungsfiguren.

[4] Daß man mit Hilfe eines oder mehrerer Schallstrahlen Raumgitterstrukturen in Flüssigkeiten erzielen und damit Beugungsversuche machen kann, haben unabhängig von uns und fast gleichzeitig E. Hiedemann und A. Asbach erkannt. Z. Physik **87**, 442 (1934).

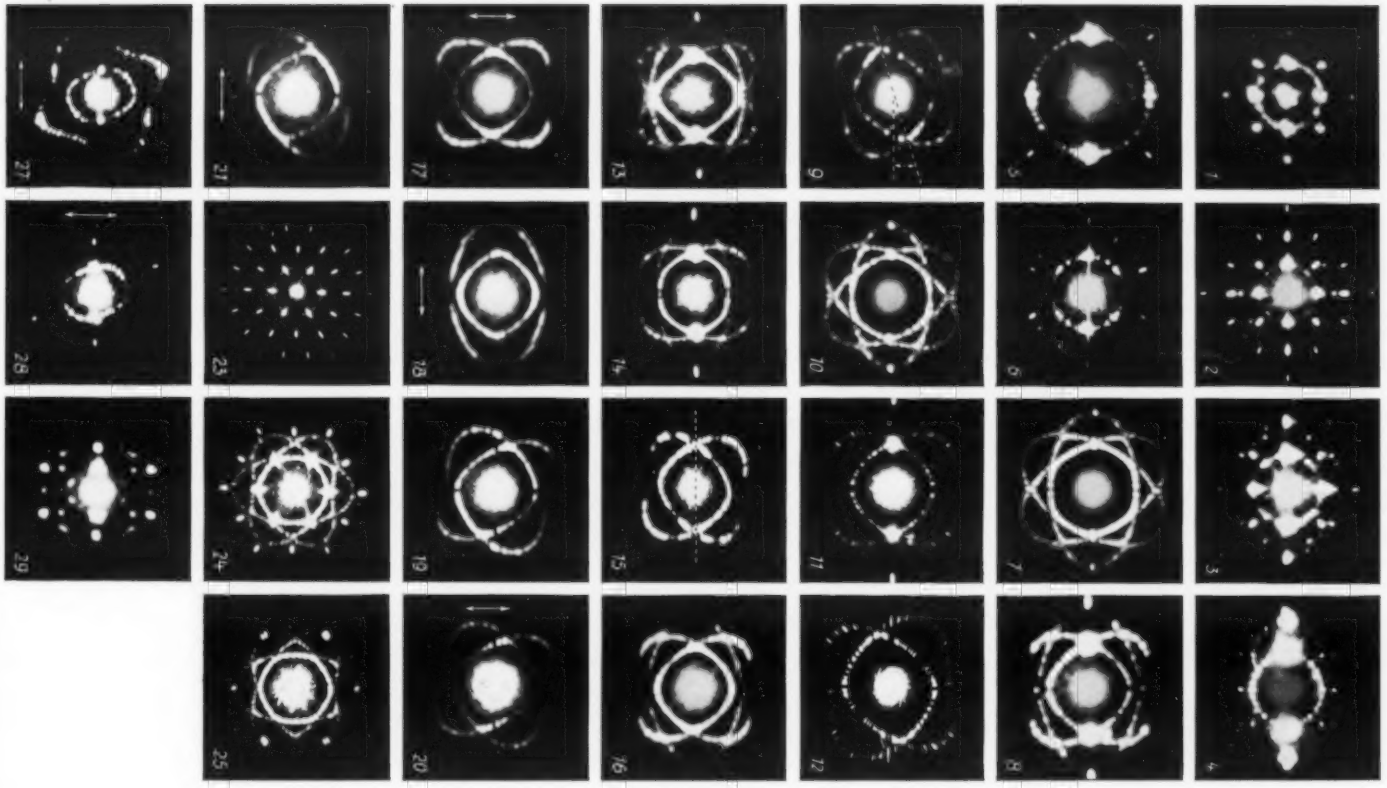


Fig. 1. Lauediagramm einer von drei Schallwellen durchsetzten Flüssigkeit. Figg. 2—6. Beugungsbilder von schwingenden Glaswürfeln.
Figg. 7—21 und 23—25. Desgl. von schwingenden Quarzkristallen. Figg. 27—29. Desgl. von schwingendem Kalkspat.

der Hauptsache ein Kreuzgitter zustande, und nur in der Mitte sind Andeutungen einer Raumgitterinterferenz zu erkennen. Diese letztere tritt aber in der Fig. 3 stark in Erscheinung, und man erkennt deutlich eine vierzählige Symmetrie. In der Fig. 4 kommen noch mehr Beugungsbilder heraus, doch wird diese Aufnahme dadurch etwas gestört, daß der Glaswürfel in der Horizontalen besonders stark zu Schwingungen angeregt wurde. In der Aufnahme Fig. 5 ist dagegen die vierzählige Symmetrie wieder gut zu erkennen, und die Fig. 6 zeigt, daß auch noch höhere Ordnungen von Raumgitterbeugungen herauskommen, die bei subjektiver Betrachtung noch besser in Erscheinung treten. Diese Versuche mit schwingenden Glaskörpern werden zur Zeit von uns noch nach verschiedenen Richtungen fortgesetzt.

Im Verlaufe dieser Untersuchungen fanden wir nun eine damit verwandte wesentlich interessantere Erscheinung[1]. Benutzt man an Stelle des Glaswürfels einen Würfel, der aus einem Quarzkristall herausgeschnitten ist, so läßt sich dieser Würfel piezoelektrisch mittels eines hochfrequenten elektrischen Wechselfeldes selbst in elastische Schwingungen versetzen. Dabei ist es im Gegensatz zu dem durch die Piezoquarze erregten Glaswürfel möglich, sämtliche ungeraden Oberschwingungen des Quarzwürfels bis zu hohen Ordnungszahlen anzuregen. Es treten dann beim Durchgang des Lichtes durch den schwingenden Quarz sehr merkwürdige Beugungserscheinungen auf, über die im folgenden etwas ausführlicher berichtet werden soll. Die kristallographische Orientierung des benutzten Quarzwürfels, dessen Kantenlänge etwa 23 mm betrug, war folgende: 1 Flächenpaar des Würfels stand senkrecht zur optischen (*Z*) Achse, ein weiteres Flächenpaar senkrecht zu einer zweizähligen polaren (*X*) Achse. Die Normale zu dem 3. Flächenpaar des Würfels sei in der üblichen Weise als *Y*-Richtung bezeichnet. Wurde der in der 85. Harmonischen schwingende Quarzwürfel mit Licht in Richtung der *Z*-Achse durchstrahlt, während die elektrische Anregung in Richtung der horizontal liegenden *X*-Achse erfolgte, so erhielten wir eine klare Interferenzfigur, die Fig. 7 wiedergibt. Wir haben anscheinend drei sich überschneidende, um je 60° gegeneinander verdrehte Ellipsen. Bei der horizontal liegenden Ellipse fällt die große Hauptachse mit der elektrischen Achse des Quarzes zusammen, in deren Richtung die Anregung zu elastischen Schwingungen erfolgte. Man kann also aus der Beugungsfigur sofort schließen, daß noch zwei weitere gleichwertige Achsen senkrecht zur optischen Achse im Quarz vorhanden sind; die Figur hat in bezug auf die *Z*-Achse eine sechszählige Symmetrie. Im übrigen zerfallen die Ellipsen in einzelne diskrete Beugungspunkte, worauf in späteren Abbildungen noch näher hingewiesen werden soll. Betrachten wir jetzt den Fall, daß das Licht in Richtung der *Y*-Achse durch den Würfel hindurchging, wobei die Schwingungserregung wieder in der horizontal liegenden *X*-Richtung erfolgte und die *Z*-Achse vertikal stand. Das Interferenzbild zeigt Fig. 8. Es fällt sofort auf, daß wir hier nur eine zweizählige Symmetrie haben, wie zu erwarten ist. In der Figur ist wieder eine Ellipse zu erkennen, die mit ihrer großen Hauptachse horizontal liegt, also in die Richtung der *X*-Achse fällt. Schließlich zeigt die Fig. 9 den letzten Fall, der einer Durchstrahlung des Würfels in der *X*-Achse, die dabei gleichzeitig die Richtung der Schwingungsanregung war, entspricht. Die *Z*-Achse liegt wieder vertikal. Auch diese Beugungsfigur hat eine zweizählige Symmetrie; es fällt aber auf, daß sie nicht symmetrisch zu den Würfelkanten liegt, sondern um einen Winkel von etwa 18° gegen die Horizontale, d. h. gegen die *Y*-Achse, geneigt ist. In der Fig. 9 ist durch die eingezeichneten gestrichelten Linien der Neigungswinkel angedeutet. Dieser Winkel von 18° ist nicht zufällig, er stimmt vielmehr überein mit der Neigung der Richtung kleinster Elastizität in Quarz gegen die *Y*-Achse[1], wie es ja überhaupt auf der Hand liegt, daß die besprochenen Interferenzfiguren mit den elastischen Symmetrieverhältnissen des Quarzes im engsten Zusammenhang stehen müssen. Wir konnten stets feststellen, daß die *Form* der Interferenzfigur nur von der Richtung abhängt, in der das Licht den Quarzkristall durchstrahlt, sie ist aber *unabhängig von der äußeren Berandung des schwingenden Quarzkörpers*. Wir erhielten analoge Interferenzbilder sowohl bei runden Quarzplatten, bei einem Quarzquader, bei einem sechsseitigen Quarzprisma und bei einem Kreiszylinder, worauf weiter unten noch näher eingegangen wird. Die weiteren Figg. 10—12 entsprechen den Aufnahmen 7 bis 9, sie sind nur mit einer wesentlich engeren Lochblende als Lichtquelle aufgenommen und sollen zeigen, daß die Figuren aus einzelnen diskreten Beugungspunkten zusammengesetzt sind. Die Figuren sind um so stärker auseinandergezogen, je höher die elastische Oberschwingung des Quarzwürfels liegt. So wurde die Aufnahme Fig. 12 an einem Quarzwürfel mit der Kantenlänge 50 mm erhalten, der in der 225. Oberschwingung schwang. Auch hier ist wieder die Neigung von etwa 18° gegen die Horizontale zu erkennen.

Die folgenden Fig. 13—15 erhielten wir mit einem Quarzquader, dessen 3 Kanten $a = 16{,}8$ mm, $b = 15{,}9$ mm und $c = 19{,}6$ mm lang waren. Dieser Quader war kristallographisch so orientiert, daß die Kante a parallel der zweizähligen *X*-Achse, die Kante b parallel der Richtung des kleinsten Elastizitätsmoduls verlief, also um den Winkel von annähernd 18° gegen die *Y*-Achse geneigt

[1] Als vorläufige Mitteilung von uns in den Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. **13** veröffentlicht. (Vorgelegt am 12. IV. 1934.)

[1] S. z. B. H. STRAUBEL, Schwingungsform und Temperaturkoeffizient von Quarzoszillatoren. Z. Hochfrequenztechnik **38**, 14 (1931).

war, so daß dementsprechend die 3. Kante c den gleichen Winkel mit der optischen Achse bildete. Die Kantenlängen des Quaders waren so gewählt, daß sie sich wie die Wurzeln aus den Elastizitätsmoduln in den betreffenden Richtungen verhielten. Erregt wurde der Quader durch ein elektrisches Wechselfeld in Richtung der X-Achse, also in Richtung der a-Kante. Die Aufnahme Fig. 13 zeigt die Interferenzfigur bei Durchstrahlung des Quaders mit Licht in der c-Richtung. Die Symmetrie ist zweizählig, die Anregungsrichtung (X-Achse) liegt horizontal, und die mit ihrer großen Hauptachse in diese Richtung fallende Ellipse ist wieder deutlich zu erkennen. Die ganze Beugungsfigur ist gewissermaßen durch Verzerrung aus der Figur der Fig. 7 bzw. 10 hervorgegangen und stellt den Übergang zu den Figg. 8 bzw. 11 dar, deren Charakter in ihr schon deutlich ausgeprägt ist. Die Aufnahme Fig. 14, die ebenfalls zweizählige Symmetrie aufweist, wurde erhalten bei Durchstrahlung des Quaders in der b-Richtung, d. h. in Richtung der kleinsten Elastizität des Quarzes. Die Interferenzfigur ähnelt im allgemeinen Aussehen der Fig. 8 bzw. 11, d. h. der Durchstrahlung in der Y-Achse, unterscheidet sich aber doch im speziellen Kurvenverlauf von dieser. (Wir haben im übrigen ähnliche Interferenzfiguren erhalten, wenn wir den obenerwähnten ursprünglich benutzten Quarz*würfel* nicht senkrecht, sondern schief zu den Würfelflächen durchstrahlten.) Besonders interessant ist nun die 3. Aufnahme Fig. 15, wenn der Quader in Richtung der X-Achse durchstrahlt wurde. Die Form dieser Interferenzfigur stimmt vollkommen mit der beim Würfel erhaltenen Figur (Fig. 9 bzw. 12) überein, nur liegt jetzt die Figur symmetrisch zu den Kanten des Quaders und ist nicht mehr um den Winkel von 18° gegen die Horizontale geneigt. Auch hieraus geht hervor, daß die Interferenzfigur unabhängig von der Begrenzung des schwingenden Körpers ist und nur von der Richtung abhängt, in der der Quarz durchstrahlt wird.

Die bisher besprochenen Aufnahmen wurden mit unpolarisiertem Licht erhalten. Arbeitet man mit polarisiertem Lichte, so werden die Figuren einfacher. Für den Fall des Quarzwürfels sind die Ergebnisse in den folgenden Figg. 16—21 wiedergegeben. Die Fig. 16 bezieht sich auf die Durchstrahlung in der Y-Richtung mit unpolarisiertem Licht; sie ist also an sich identisch mit der Aufnahme Fig. 8 bzw. 11, nur wurde jetzt mit etwas größerer Blende gearbeitet, da es uns jetzt mehr auf den allgemeinen Verlauf der Interferenzfigur und weniger auf die Auflösung in einzelne Beugungspunkte ankam. In polarisiertem Licht zerfällt nun die Beugungsfigur in 2 Teile, je nachdem der elektrische Vektor des Lichtes vertikal oder horizontal, d. h. parallel oder senkrecht zur optischen Achse des durchstrahlen Kristalls liegt. Die Aufnahmen Fig. 17 und 18 zeigen dies deutlich, die eingezeichneten Pfeile deuten die Richtung des elektrischen Vektors des Lichtes an, übereinandergelagert ergeben die beiden Fig. 17 und 18 in allen Einzelheiten (auch in der Intensitätsverteilung) genau die mit unpolarisiertem Licht erhaltene Aufnahme Fig. 16. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Falle der Durchstrahlung des Quarzwürfels in der X-Richtung. Die Fig. 19 zeigt zunächst das Beugungsbild im unpolarisierten, die Fig. 20 und 21 in polarisiertem Licht. Die Lage des elektrischen Lichtvektors ist wieder durch eingezeichnete Pfeile gekennzeichnet. Bei einer Durchstrahlung in Richtung der optischen Achse ergab sich für das Aussehen der Interferenzfigur — selbstverständlich — kein Unterschied in polarisiertem oder natürlichem Licht; wodurch im einzelnen physikalisch die Verschiedenheit der Beugungserscheinungen in polarisiertem Licht bedingt ist, können wir im Augenblick noch nicht sagen.

Wir erwähnten bereits oben, daß die Form der Interferenzbilder unabhängig von der äußeren Berandung der schwingenden Körper ist. Nun läßt sich ein Quarzkristall am besten durch ein hochfrequentes Wechselfeld in Richtung einer polaren (X)-Achse zu elastischen Schwingungen erregen. Er schwingt dann selbstverständlich infolge der Querkontraktion auch in anderen Richtungen mit. Da der Quarz drei gleichwertige polare Achsen besitzt, lag es nahe, ihn gleichzeitig in diesen 3 Richtungen piezoelektrisch zu Schwingungen anzuregen. Wir haben zu diesem Zweck ein sechsseitiges Prisma benutzt, das aus dem Quarzkristall so herausgeschnitten war, daß je zwei gegenüberliegende Prismenflächen senkrecht auf je einer elektrischen Achse standen (s. Fig. 22). Dann fiel die optische Achse mit der Prismenachse zusammen. Das Prisma wurde gleichzeitig in Richtung der drei elektrischen Achsen piezoelektrisch mit derselben Frequenz erregt. Durchstrahlten wir dann das Prisma in Richtung der optischen Achse, so erhielten wir Interferenzbilder, wie sie die Figg. 23—25 zeigen. Bei der Fig. 23 waren die Verhältnisse der elektrischen Anregung so gewählt, daß das Prisma in Richtung der optischen Achse nur sehr schwach mitschwang. Infolgedessen erhält man als Bild nur die Interferenzfigur eines Flächengitters mit sechszähliger Symmetrie, bei dem lediglich in der Mitte Raumgitterinterferenzen schwach angedeutet sind. Änderte man die Bedingungen der Schwingungsanregung durch Veränderung der erregenden elektrischen Wechselfrequenz oder durch Veränderung der Dimensionen des Quarzprismas, so ergaben sich die Bilder Fig. 24 und 25, in denen deutlich

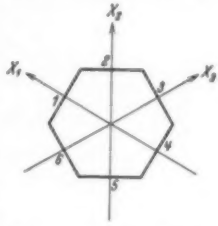


Fig. 22. Querschnitt und Lage der elektrischen Achsen des bei den Versuchen Figg. 23—25 benutzten Quarzprimas.

zu erkennen ist, daß das Flächengitter in seiner Intensität zurücktritt und die durch Raumgitterinterferenz hervorgerufene Beugungsfigur mit großer Helligkeit herauskommt. Es sei noch besonders auf die gute Auflösung dieser Figuren in einzelne Beugungspunkte hingewiesen. Nun ließ sich das Quarzprisma auch noch in Richtung seiner drei elektrischen (X)-Achsen durchstrahlen. Dabei ergaben sich insofern recht interessante Resultate, als die Form der Interferenzfigur stets dieselbe, nämlich die der oben gezeigten Fig. 9 bzw. 12 war, die Lage dieser Figur zur Richtung der Prismenachse sich aber von einer zur anderen elektrischen Achse, in der jeweils die Durchstrahlung erfolgte, änderte. Geschah z. B. die Durchstrahlung in Richtung 4—1, entsprechend den Bezeichnungen in Fig. 22[1], so ergab sich die in Fig. 26a angedeutete Lage der Beugungsfigur mit einer Neigung von $+18°$ gegen die Y-Achse. Ging man nun über zur Bestrahlung in Richtung 5—2, so entstand die Fig. 26b mit einer Neigung von $-18°$ gegen die Y-Achse. Die Durchstrahlung in der nächsten Richtung 6—3 lieferte wieder die Fig. 26a und die Durchstrahlung in der Richtung 1—4 die Fig. 26b. Man kann also in diesen Interferenzfiguren einen Beweis für den polaren Charakter der drei elektrischen Achsen in Quarz sehen.

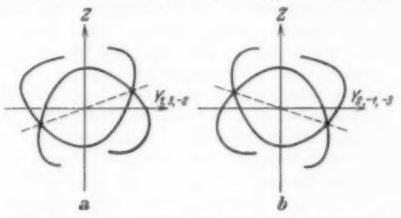


Fig. 26. Lage der Beugungsfigur bei Durchstrahlung des Quarzes in positiver bzw. negativer Richtung der X-Achse.

Wir wiesen bereits darauf hin, daß die Form der Interferenzbilder unzweifelhaft in engem Zusammenhang mit den elastischen Daten des betreffenden Kristalls steht. Zeichnet man z. B. die Schnittkurven der Dehnungsfläche in Quarz mit den ZY_1- bzw. ZY_2- und ZY_3-Ebenen, so findet man, daß bei diesen Kurven die Richtung der größten Dehnung ebenfalls abwechselnd um den Winkel — bzw. $+18°$ gegen die Y-Achse geneigt ist, also ein gewisser Zusammenhang mit den beobachteten Beugungsbildern besteht[2]. Wir haben daher bereits versucht, an Stelle des Quarzes weitere piezoelektrische Kristalle mit anderen elastischen Daten, wie z. B. Turmalin, Zinkblende, Seignettesalz usw., in der gleichen Weise zu untersuchen. Solche Versuche scheiterten bisher aber daran, daß wir noch keine guten durchsichtigen Stücke dieser Kristalle erhalten konnten. Wir hoffen jedoch, in Kürze in dieser Richtung etwas weiterzukommen[1]. Glücklicherweise liegen die Verhältnisse aber so, daß sich auch nichtpiezoelektrische Kristalle, ähnlich wie die oben benutzten Glaswürfel, durch eine oder mehrere aufgekittete Quarzplatten zu kräftigen elastischen Schwingungen anregen lassen. Bei Durchstrahlung mit Licht erhält man dann ganz ähnliche Beugungsbilder wie bei dem schwingenden Quarz. Wir haben bisher in dieser Weise einen Topas sowie einen Würfel aus Kalkspat untersucht. Die besonders charakteristischen Interferenzfiguren, die wir beim Kalkspat erhielten, sind in den Figg. 27—29 wiedergegeben. Die ersten beiden Figg. 27, 28 sind in polarisiertem Licht aufgenommen, und die Richtung des elektrischen Vektors ist in diesen Figuren durch die eingezeichneten Pfeile angedeutet. Der Kristall wurde senkrecht zu der optischen (Z)-Achse in Richtung einer zweizähligen (X)-Achse durchstrahlt. Die Anregung zu elastischen Schwingungen durch den aufgekitteten Quarz geschah in der horizontalen Y-Achse. Interessant ist, daß auch hier die Richtung der Beugungsfigur gegen die Vertikale um einen Winkel von etwa $23°$ gedreht ist. Auch die aus den elastischen Konstanten des Kalkspats berechnete Schnittkurve der Dehnungsfläche mit der ZY-Ebene weist eine ähnliche Neigung auf[2]. Die letzte Aufnahme Fig. 29 gibt für den Kalkspat die Interferenzfigur bei Erregung in Richtung der X-Achse und Durchstrahlung in der Y-Achse wieder. Diese Figur steht symmetrisch sowohl zur X- als auch zur Z-Achse, was wieder mit dem Verlauf der Schnittkurve der Dehnungsfläche übereinstimmt.

Es dürfte aus dem Vorhergehenden klar sein, daß wir in der Untersuchung der beschriebenen Interferenzen ein Mittel haben, um die elastischen Verhältnisse in Kristallen in einer sehr viel vollständigeren und unvergleichlich bequemeren Weise zu untersuchen, als es bisher der Fall war. Freilich kann die Methode ihre volle Fruchtbarkeit erst entfalten, wenn die Theorie der elastischen Schwingungen kubischer Festkörper ausgebildet ist. In dieser Richtung liegt, selbst für isotropes Material, bisher so gut wie nichts vor. Der Grund dafür ist klar: Zu behandeln wäre das Problem der Schwingungen eines solchen Körpers mit vollkommen freier Oberfläche, und die Kompliziertheit der Randbedingungen bringt es mit sich, daß die Eigenfunktionen dieses Problems nicht bekannt sind. Die Schwierigkeiten sind ganz analog denen, die auch bei dem Problem der Transversalschwin-

[1] Hier und im folgenden ist die Aufeinanderfolge der Zahlenindizes für die Richtung der Durchstrahlung wichtig.

[2] Trägt man statt der Dehnung selbst die Wurzeln aus der Dehnung im Polarkoordinatendiagramm auf, so werden die Schnittkurven dieser Flächen mit den entsprechenden Ebenen fast identisch mit der innersten Kurve der betreffenden Beugungsfigur.

[1] *Anmerkung bei der Korrektur:* Diese Versuche sind inzwischen geglückt.

[2] S. z. B. TH. LIEBISCH, Physikalische Kristallographie. Leipzig 1891. S. 569. Vgl. auch Anm. 2 in der vorhergehenden Spalte.

gungen von Platten mit freien Rändern auftraten: auch hier sind die exakten Eigenfunktionen im allgemeinen nicht bekannt, und eine Lösung des Problems ist erst durch die Näherungsmethode von RITZ vor etwa 20 Jahren erzielt worden, nachdem das Problem bereits zur Zeit von LAGRANGE formuliert worden war. Auch hier liegt es nahe, zunächst an eine Näherungslösung nach Art der RITZschen zu denken; vielleicht wird aber auch ein anderer Weg zum Ziel führen, auf den wir wenigstens mit ein paar Worten hinweisen möchten. Wir haben oben nicht ohne Absicht betont, daß die geometrische Gestalt der erhaltenen Beugungsbilder unabhängig von der Gestalt der Oberfläche des Körpers ist. Das ist natürlich nur möglich, weil wir es bei unseren Versuchen mit sehr hohen Oberschwingungen zu tun haben, und es wird um so genauer zutreffen, zu je höheren Oberschwingungen man übergeht, also gewissermaßen asymptotisch. Wird dies aber zugegeben, so sollte auch die spezielle Form der Grenzbedingungen an der Oberfläche gleichgültig sein. Es liegt daher nahe, zunächst einmal die Schwingungen bei vollkommen festgehaltener Oberfläche zu untersuchen. Für einen solchen Fall sind die Eigenfunktionen bekannt, und die Lösung des Problems ist vollkommen durchführbar. Wir wollen uns hier mit dieser Andeutung begnügen und hoffen, in kurzer Zeit ausführlicher darauf zurückkommen zu können.

Es scheint nicht vermessen, der Hoffnung Ausdruck zu geben, daß die hier beschriebenen Erscheinungen der Untersuchung der Schwingungen kubischer Festkörper einen ähnlichen Impuls geben werden, wie es die CHLADNIschen Klangfiguren seinerzeit für das Problem der schwingenden Platten getan haben.

Wir möchten zum Schluß nicht verfehlen, den Herren Kollegen Professor Dr. SPANGENBERG und Dr. NEUHAUS vom hiesigen Mineralogischen Institut für Unterstützung mit Rat und Tat, sowie der Firma Dr. Steeg & Reuter, Bad Homburg, die auf alle unsere Wünsche bereitwilligst einging, herzlichst zu danken.

Vokaltheorien.

Von VIKTOR ENGELHARDT, Berlin-Tegel.

Das psychophysische und physikalische Schicksal eines Vokals durchläuft die verschiedensten Phasen. Am Anfang steht ein den Physiker nicht interessierender psychophysischer Vorgang, nämlich der Wille zur Erzeugung bestimmter Sprachlaute und die ihm entsprechende Innervation. Dieser folgt die Lautbildung im Sprachapparat, der als akustischer Generator bereits das Interesse des Physikers beansprucht. Die vom Sprachapparat hervorgebrachte akustische Welle ist physikalischer Natur und nur physikalischer Natur. Sie stellt das im physikalischen Sinne „objektive" Material dar und ist darum der Ausgangspunkt für die physikalische Untersuchung, die sich nach rückwärts bis zur Funktion des Generators und nach vorwärts bis zu der des Empfängers erstrecken kann. Was hinter den physikalischen Vorgängen im Ohr an Innervationen und psychischen Reaktionen liegt — geht bereits wieder über die Sphäre der Physik hinaus.

Das „objektive" Zwischenstück, die akustische Welle, ist — normalerweise — die einzige Verbindung zwischen Sprecher und Hörer, muß also alle Materialelemente enthalten, die — bei geeigneter Umsetzung im psychophysischen Apparat — zur Erfassung des Vokals erforderlich sind. Da die akustische Welle, wie die Verschiedenheit der Kurven gleicher Vokale zeigt, aber noch zahlreiche Charakteristika aufweist, die für die Erfassung des Vokals nicht wesentlich sind, so präzisiert sich die physikalische Frage auf folgende: „Welche objektiven, dem akustischen Schwingungsvorgang immanenten Elemente sind notwendig und ausreichend, um beim Auftreffen der Schwingung auf ein normales menschliches Ohr im Hörer eine Vokalempfindung auszulösen?" Die Frage zielt zunächst auf die Beschaffenheit des Wellenmaterials, muß aber naturgemäß erweitert werden und die als wesentlich erkannten Elemente bis zu ihrer Erzeugung im Sprachapparat und bis zu ihrer Wirkung im Ohr untersuchen.

Vor HELMHOLTZ finden sich nur gelegentliche Einzelbeobachtungen, welche allerdings oft wichtige Punkte späterer Auffassungen vorausnehmen. So entdeckte beispielsweise WILLIS[1] eine Ähnlichkeit der Vokallaute mit „gewissen einfachen Tönen". „Die hohen Töne der Orgel oder Geige geben offenbar ein i an, die Baßtöne ein u, und wenn man schnell die ganze Tonreihe hinauf und hinab durchläuft, glaubt man die Reihe UOAEI IEAOU usw. zu hören, so daß es den Anschein hat, als sei in einfachen Tönen ein jeder Vokallaut unzertrennlich von einer gewissen Tonhöhe." WILLIS findet das Beste O bei c^2 (517 Hz), a bei f^3 (1381 Hz), e bei c^5 (4138 Hz), i bei g^5 (6201 Hz). Die spätere Absoluttheorie ist vorausgeahnt.

Mit den Arbeiten von HELMHOLTZ[2] beginnen die systematischen Untersuchungen zur Vokaltheorie. HELMHOLTZ hat das Gebiet bereits so erschöpfend behandelt, daß jede spätere Untersuchung zur Stellungnahme zu seinen Ergebnissen gezwungen ist. Nach den Forschungen über die Klangfarbe der Musikinstrumente war es naheliegend, auch im Vokalcharakter eine Art Klangfarbe zu sehen, das den Vokalcharakter bestimmende Element also in den Obertönen zu suchen. Diese Vermutung wurde durch die Untersuchungen von HELMHOLTZ nur bis zu einem gewissen Grade bestätigt. Zwar sind sowohl die Klangfarbe der

[1] WILLIS, Pogg. Ann. **24**, 415 (1832).

[2] HELMHOLTZ, Die Lehre von den Tonempfindungen. 1. Aufl. 1863. 4. Aufl. 1877.

Musikinstrumente wie der Vokalcharakter eines Sprachlauts an das Vorhandensein gewisser Obertöne gebunden; während aber die Klangfarbe der Musikinstrumente durch die Ordnungszahl dieser Obertöne, durch ihre relative Lage zum Grundton bestimmt wird, müssen im Vokal Obertöne von fester absoluter Tonhöhe auftreten, ganz gleich auf welcher Grundtonhöhe der Vokal gesprochen oder gesungen wird. HELMHOLTZ erklärt diese Erscheinung aus den im Nasenrachenraum auftretenden Resonanzverstärkungen der von den Stimmlippen ausgehenden obertonreichen Schwingungen. Die feststehenden Partialtöne müssen demnach zum Grundton harmonisch sein, was gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt, deren Lösung späteren Untersuchungen vorbehalten war.

PIPPING[1] hat sich 1890 fast voll und ganz der HELMHOLTZschen Ansicht, auch in bezug auf die Resonatoreneigenschaft der Mundhöhle, angeschlossen. Er fand in gesungenen Vokalen nur harmonische Obertöne, deren Intensitätsverteilung nicht von der Ordnungszahl, sondern von der absoluten Tonhöhe abhing, so daß die Vokale nach ihm sich durch Verstärkungsgebiete verschiedener Anzahl, Breite und Lage unterscheiden. Die Zulässigkeit einer gewissen Breite der Verstärkungsgebiete umgeht die Schwierigkeit, die durch die Forderung nach der Harmonie „feststehender" Obertöne zu einem „variablen" Grundton auftritt.

Mit den HELMHOLTZ-PIPPINGschen Arbeiten war die Grundlage für die „Absolttheorie" gelegt. Der weitaus überwiegende Teil der späteren Untersuchungen beschäftigt sich mit ihrem Ausbau. An erster Stelle sind die zahlreichen Abhandlungen von HERMANN[2] zu nennen. HERMANN hat einen kurzen, treffenden Ausdruck für die den Vokal kennzeichnenden, feststehenden Partialtöne geprägt. Er nennt sie Formanten. Man spricht seither von der Formantentheorie der Vokale und meint damit die Gesamtheit der „Absolttheorien", die das Wesen der Vokale auf feststehende Partialtöne oder Partialtonbereiche zurückführen.

Innerhalb der Formantentheorie bleibt für die verschiedensten Auffassungen Spielraum. Die erste Kontroverse knüpfte sich an die Frage, ob die Formanten, wie HELMHOLTZ und PIPPING, gemäß der von ihnen angenommenen Resonatorenfunktion der Mundhöhle, forderten, zum Grundton harmonisch sein müßten. HERMANN[3] lehnt diese Forderung nach seinen Kurvenanalysen ab und vermutet überdies, daß die Formanten, wenn sie im Grundton als zu verstärkende Partialtöne enthalten wären, zu hoch lägen, um genügende Resonanzverstärkung zu finden. Er ist damit gezwungen, die HELMHOLTZ-PIPPINGsche Resonatorentheorie zu verlassen und durch eine „Anblastheorie" zu ersetzen. Die Mundhöhle wird nach ihm vom Kehlkopfluftstrom intermittierend angeblasen, tönt also selbständig, wie eine Trompete. Die neu entstehenden Mundhöhlentöne, die mit dem Kehlkopfton nichts zu tun haben und demgemäß auch nicht zu ihm harmonieren müssen, sind die Formanten.

Durchgesetzt hat sich die HERMANNsche Theorie nicht. Namentlich KÖHLER[1] und STUMPF[2] haben dagegen opponiert. Der Ausbau der Formantentheorie erfolgte in anderer Richtung. Unter der Führung der Psychologen trat das psychologische Interesse in den Vordergrund. Es fand in den extremen Konsequenzen der Formantentheorie eine gewisse Stütze. Verfolgt man die Formantentheorie gedanklich bis ans Ende, so kann man zu der Auffassung kommen, daß die der Formantenlage entsprechenden reinen Töne bereits Vokalqualität haben. Schon 1832 hatte WILLIS, wie wir sahen, rohe Beobachtungen in dieser Beziehung gemacht. GRASSMANN[3] konnte 1877 den Vokalcharakter angeblasener Flaschentöne zeigen. KÖHLER[4] stellte ähnliche Versuche mit Flaschen- und Stimmgabeltönen an und fand dabei sein Oktavengesetz. Die Tonhöhen um 250 Hz haben U-Charakter, die um 500 Hz O-Charakter, um 1000 Hz A-, um 2000 Hz E-, um 4000 Hz I-Charakter. In späteren Untersuchungen dehnte KÖHLER diese Oktavenreihe auf die stimmhaften Konsonanten aus[5, 6] und fand M bei etwa 125 Hz, S bei etwa 8400 Hz, F bei 17000, Ch bei 34000 Hz, was eine Hinausschiebung der oberen Hörgrenze über das bisher allgemein angenommene Maß erfordern würde.

Bei der Deutung des Oktavengesetzes sagt KÖHLER[5]: „Nicht Qualitäten des Tongebietes neben anderen sind es, die wir (bei den Vokalen) untersuchen, es sind *die* Qualitäten, die es überhaupt besitzt." Einem Ton kommen 3 Eigenschaften zu: Intensität, als Funktion der Amplitude, Tonhöhe als Funktion der Schwingungszahl und Qualität, die an Oktavenschritte gebunden ist und als Vokalcharakter empfunden wird. Trotzdem eine Welle nur 2 Variable, Frequenz und Amplitude, hat, werden im Ohr 3 Empfindungen ausgelöst: Tonhöhe, Tonstärke und Tonqualität. Die Empfindungsreihen sind völlig unabhängig voneinander. „Wenn eine (unmusikalische) Vp. auf die Frage, welcher von beiden (sukzessiv angegebenen) Tönen a^2 und f^4 der höhere sei, eine zweifelnde, und bei g^2—f^4 eine falsche Antwort gibt, wie das gelegentlich vorgekommen ist, wie ist es dann zu erklären, daß sie richtig spricht und jedes Wort versteht? Müssen nicht die Vokale A und E für sie ununterscheidbar sein?" — KÖHLER kann sich die Erscheinung nur durch eine völlige Trennung des Qualitätssinns vom (musikalischen) Tonhöhensinn erklären.

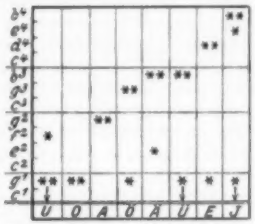
[1] PIPPING, Z. Biol. **27** (1890).
[2] HERMANN, Pflügers Arch. ab **45** (1889).
[3] HERMANN, Pflügers Arch. **48**, 181 (1890); **61**, 169 (1895).

[1] KÖHLER, Z. Psychol. I **54**, 241 (1910).
[2] STUMPF, Die Sprachlaute. S. 4. Berlin: Julius Springer 1926.
[3] GRASSMANN, Ann. Physik (3) **1**, 606 (1877).
[4] KÖHLER, Z. Psychol. I **58**, 59 (1911).
[5] KÖHLER, a. o. O. **64**, 92 (1913).
[6] KÖHLER, a. a. O. **72**, 1 (1915).

Um die Zuordnung von Vokalcharakter und Schwingungszahl zu prüfen, war es wichtig, die Vokalähnlichkeit einfacher Töne auch mit den modernen elektro-akustischen Hilfsmitteln zu untersuchen. Dieser Arbeit haben sich GEHRCKE und der Verf.[1] unterzogen. Wir fanden, daß die Vokalqualitäten reiner Töne nur für gewisse, verhältnismäßig seltene Typen von Versuchspersonen so vorhanden waren, wie es nach dem Oktavgesetz der Formantentheorie KÖHLERS erwartet werden konnte. Meist erschien die Verteilung der Vokalurteile nicht so gleichmäßig wie bei den 3 Vpn. KÖHLERS. Fast alle ordneten zwar im Tonspektrum die Vokale in der Reihenfolge U O A E I an, die Maxima lagen aber nicht genau auf den nach KÖHLER zu erwartenden Stellen, und nur die Vokale U und I wurden reinen Tönen einigermaßen sicher zugeordnet, während A und E aus reinen Tönen selten herausgehört werden konnten. Die Ergebnisse sprechen nicht dafür, daß einfache Schwingungen schon das Vorhandensein des Vokalcharakters verbürgen.

Die extremste Form der Formantentheorie, die das Wesen des Vokals in das Vorhandensein der Frequenz eines einzigen Formanten konzentriert, muß nach diesem Ergebnis abgelehnt werden. Es liegt nahe, nach einem Kriterium zu suchen, welches die klare Aussonderung der für einen Vokal unbedingt notwendigen Elemente erlaubt. Die langjährigen, mit großer Sorgfalt durchgeführten Arbeiten STUMPFS[2] sind für die Entscheidung dieser Frage grundlegend geworden. Mit Hilfe eines Systems seitlicher Interferenzröhren konnte STUMPF beliebige Teiltöne eines durch das Hauptrohr laufenden Vokals vernichten. Bei Aufbauversuchen wurde der gesungene oder geflüsterte Vokal durch entsprechende Einstellung der Interferenzröhren zunächst völlig zerstört. Sodann wurden durch Abschalten der Seitenröhren die Teiltöne, mit dem tiefsten beginnend, nacheinander wieder hinzugefügt, bis der Vokal einwandfrei gehört werden konnte. Durch ergänzende Abbauversuche vermochte STUMPF die Ergebnisse zu kontrollieren. Auf diese Weise ließen sich die für die Vokalauffassung notwendigen und die die Vokalauffassung verbessernden Frequenzbereiche einwandfrei feststellen.

Das Ergebnis zeigt tatsächlich, daß mit einem einzigen scharf definierten Teilton der Vokal nicht charakterisiert werden kann. Unter „Formant" muß nach STUMPF demnach im allgemeinen nicht ein einzelner Ton, sondern eine ganze Strecke des Tongebietes verstanden werden, und zwar eine solche Strecke, die zur Charakterisierung des Vokals in besonders hohem Maße beiträgt. STUMPF unterscheidet dabei den „Hauptformanten", die Strecke, die den für den Vokal wesentlichsten Teil des Lautgebietes einschließt, von dem Nebenformanten, der für die gute Ausbildung des Vokals zwar noch wichtig, aber nicht ausschlaggebend ist. Die Ergebnisse nehmen der Formanttheorie viel von ihrer ursprünglichen Schärfe, sie „erweichen" sie gewissermaßen und reduzieren den ursprünglichen Formantbegriff auf die Bedeutung eines Zentrums für die Formantenstrecke. Die Figur gibt die Lage dieser Formantenzentren nach STUMPF.



Die Lagen der Formanten. (Nach STUMPF.)

Durch Anwendung von Siebketten[1] lassen sich die STUMPFschen Versuche leicht wiederholen, liefern aber bei der erschöpfenden Behandlung, die STUMPF dem Thema zuteil werden ließ, keine wesentlich neuen Resultate.

Die Lehre von den „Formantstrecken" macht eine bei vielen Versuchen in die Erscheinung tretende Eigenschaft der Vokale verständlich. Sie sind nie ganz scharf zu erfassen. Bei Auf- oder Abbauversuchen, oder bei den später zu erwähnenden Experimenten mit verschieden schnell angetriebenen Grammophonplatten kann man nicht genau sagen, jetzt hört der Vokal auf oder jetzt ist er da. Bei Aufbauversuchen beispielsweise hebt sich der richtige Vokal aus einer unklaren Tonempfindung bzw. einer falschen Vokalempfindung langsam heraus, anfangs schwanken die Urteile, dann werden sie sicherer — schließlich absolut sicher — und weitere Verbesserungen fügen unter Umständen nur noch die für den Vokal nicht mehr wesentlichen Merkmale der besonderen Klangfarbe hinzu.

Das KÖHLERsche Oktavengesetz verliert nach der vorgetragenen Auffassung ebenfalls seine Schärfe, behält aber seinen Wert als ordnendes Prinzip. Es faßt die Beobachtung der kontinuierlichen Anordnung der wichtigsten Formantzentren gut zusammen und macht die innere Verwandtschaft der Vokale verständlich. Es müßte sogar gelingen, Lautgruppen, die beispielsweise U-ähnlich klingen, weil sie dem U entsprechende Formantstrecken enthalten, in O-artige Töne überzuführen, wenn man durch irgendwelche Hilfsmittel die Schwingungszahlen der Formanten erhöht. GEHRCKE und der Verfasser[2] haben dies z. B. durch Beschleunigung oder Verlangsamung der mit verschiedenen Vokalen besprochenen Grammophonplatten erreicht. Die Ergebnisse entsprachen nicht ganz den Erwartungen, die Vokale hielten sich im allgemeinen besser, als vermutet worden war. Über den größten Bereich von Umdrehungsgeschwindigkeiten erhielt sich das A,

[1] ENGELHARDT u. GEHRCKE, Z. Psychol. **115**, 16 (1930) — Vokalstudien. S. 58. Leipzig: J. A. Barth 1930.

[2] STUMPF, Berl. Ber. **1918** I, 333 — Passows Beitr. **12**, 234 (1919); **17**, 182 (1921) usw., sowie obengenannte Gesamtdarstellung.

[1] Vgl. FLETCHER, Bell. Syst. Techn. J. **1**, 129 (1922) — WAGNER, Elektrotechn. Z. **45**, 451 (1924).

[2] ENGELHARDT u. GEHRCKE, Z. Psychol. **115**, 1 (1930) — Vokalstudien. S. 43. Leipzig: J. A. Barth 1930.

welches bei doppelter Frequenz noch deutlich als A erkannt wurde und nur bei tieferen Frequenzen einen ao-artigen Charakter annahm. Mit dieser Stabilität des A in gutem Einklang steht die Beobachtung[1], daß reine Töne im allgemeinen nur sehr schwer für ein A gehalten werden. Der Formant scheint bei der Beurteilung des A demnach nicht ganz die Rolle zu spielen, die man erwartet hatte. Eine solche Ausnahmestellung des A hat GRASSMANN[2] schon 1877 beobachtet. „Es besitzt", nach ihm, „der Vokal a keinen charakteristischen, die anderen überwiegenden Oberton, sondern für ihn ist die ganze Reihe der Obertöne bis zur 3. Oktave des Grundtons charakteristisch, und in diesem Sinne gilt für diesen Vokal das ... Gesetz, daß je höher der Grundton ist, desto höher auch die mitklingenden Obertöne werden." KÖHLER[3] mußte ebenfalls seinerzeit zugeben, daß beim A nicht ein ausgezeichneter Punkt allein den A-Charakter macht, sondern *alle* Teiltöne zusammen, die eine a-Valenz besitzen.

Bei den übrigen Vokalen konnten wir an den mit veränderter Geschwindigkeit laufenden Grammophonplatten ähnliche Beobachtungen machen. Sie veranlaßten uns, auch die bereits sehr weitgehend erweichte Absolouttheorie in ihrer Ausschließlichkeit aufzugeben und sowohl den absoluten wie den relativen Faktoren einen Anteil bei der Vokalbildung zuzugestehen. Eine solche Verbindung von Absolut- und Relativtheorie hat schon AUERBACH[4] versucht. „Alle Klänge, insbesondere die Vokale der menschlichen Stimme und Sprache, sind", nach ihm, „zu definieren als die Folge des Zusammenschlusses zweier Momente, eines relativen und eines absoluten." Der Anteil der relativen Partialtöne wird auf die Möglichkeit, die Form der Mundhöhle zu ändern, zurückgeführt, der absolute Anteil — im Sinne der HELMHOLTZschen Resonanztheorie — auf die Größe der Mundhöhle.

Die rein psychologische Beobachtung der Hebung der Klarheit eines Vokals bei seiner Einbettung in sinnvolle Worte[1] veranlaßten uns, noch den außerhalb des physikalischen Bereichs liegenden psychologischen Faktor der Kombinationsfähigkeit hinzuzunehmen. Die Vokalerfassung wird damit zu einem sehr komplexen Vorgang und ist auf die verschiedensten Materialelemente zurückzuführen. Wir erfassen die absolute Höhe der Teiltöne, die relativen Verhältnisse der Teiltöne und üben eine kombinierende Tätigkeit beim Hören von Silben und Texten aus. Betätigen sich alle 3 Faktoren zugleich, so haben wir die *sicherste* Auffassung des Vokals, wir sind am wenigsten Falschdeutungen ausgesetzt. Wir glauben aber auch einen Vokal zu hören, wenn nur einer der 3 Faktoren sich betätigen kann, sei es, daß reine Sinustöne geboten werden, oder die Teiltöne eines Vokals gleichmäßig verändert werden, ohne ihr Verhältnis zu stören, sei es, daß wir undeutliche oder fehlende Teile eines Wortes zu einem Vokal ergänzen. Damit ist, wie so oft, nicht eine Widerlegung einer der sich befehdenden Theorien, sondern eine Versöhnung, eine Kombination der Theorien, erreicht. Jede einzelne der Theorien ist allein für sich unzureichend, aber jede trifft das Wesen der Sache an einer Stelle richtig. Der Vokal wird zu einem Bewußtseinsinhalt, welcher durch die drei voneinander verschiedenen akustischen Reizarten hervorzurufen ist oder, um KÖHLERS Theorie zu erweitern: die Qualitätsempfindung läßt sich durch die verschiedensten Reize hervorrufen.

[1] ENGELHARDT u. GEHRCKE, Z. Psychol. III, 257 (1929).

[1] ENGELHARDT u. GEHRCKE, Z. Psychol. 115, 27 (1930).
[2] GRASSMANN, Ann. Physik (3) 1, 606 (1877).
[3] KÖHLER, Z. Psychol. I 64, 92 (1913).
[4] AUERBACH, Ann. Physik 8. Erg.-Bd. 177 (1878).

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von MAX HARTMANN, MAX v. LAUE, CARL NEUBERG, ARTHUR ROSENHEIM und MAX VOLMER. Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Die untere Explosionsgrenze der Gemische von schwerem Wasserstoff mit Luft.

Zündet man in einem senkrecht stehenden Rohr (etwa 45 mm weit und 800 mm lang) ein Wasserstoff-Luftgemisch durch einen Funken, so erhält man eine verschiedene Zündgrenze, wenn man einmal den Funken am oberen und das andere Mal am unteren Ende des Rohres überschlagen läßt. Funkt man unten, so reichen etwa 4,1 % Wasserstoff aus, um eine Flamme im Rohr aufsteigen zu lassen; bei der Zündung von oben braucht man aber über 9 % H_2 zur Erzeugung einer nach unten fortschreitenden Flamme[1].

Der Unterschied findet nach HARTECK folgendermaßen seine Deutung: Bei der Zündung von unten begünstigt die Konvektion der aufsteigenden heißen Verbrennungsgase die Diffusion des gut beweglichen Wasserstoffs in die Flammenfront hinein. Bei der Zündung von oben ist das nicht der Fall.

Wir haben solche Versuche an Gemischen von Luft mit gewöhnlichem und reinem schwerem Wasserstoff durchgeführt. Zur fortschreitenden Flamme mußten bei 400 mm Gesamtdruck mit Luft gemischt werden

bei der Zündung von unten 4,10 % H_2 oder 5,65 % D_2,
„ „ „ „ oben 9,6 % H_2 oder 11,0 % D_2.

Die Ergebnisse der Zündung von *unten* lassen eine sehr einfache Deutung zu. In erster Näherung sind die Konvektionsverhältnisse, die mittleren Wärmeleitfähigkeiten und die Verbrennungswärmen/Mol Wasserstoff in beiden Gemischen dieselben. Verschieden ist dagegen die Molekulargeschwindigkeit der Isotopen und ihre Aktivierungswärme.

Es zeigt sich, daß der letztere Umstand wahrscheinlich wenig ins Gewicht fällt, da sich der gefundene Effekt durch die verschiedenen Molekulargeschwindigkeiten recht gut deuten läßt. Die Bedingung, um eben die Flammenfront noch aufrecht zu erhalten, ist eine bestimmte Stärke des zufließenden Diffusionsstromes an brennbarem Gas. Dieser ist dem Produkt aus der Diffusionskonstanten D und der Konzentration C proportional. Da die Diffusionskonstanten von H_2 und D_2 sich umgekehrt wie die Wurzeln aus den Molekulargewichten verhalten, sollte

$$C_{D_2} : C_{H_2} = \sqrt{2} = 1{,}41$$

sein; gefunden wurde nach obigen Zahlen 5,65 : 4,10 = 1,38. Der bei tiefen Temperaturen so auffällige Unterschied in der Reaktionsgeschwindigkeit der Isotopen tritt demnach bei hohen Temperaturen offensichtlich stark in den Hintergrund.

Göttingen, Phys.-Chem. Institut der Universität, den 10. September 1934.

K. CLUSIUS. H. GUTSCHMIDT.

[1] S. z. B. F. GOLDMANN, Z. physik. Chem. (B) 5, 307 (1929).

Besprechungen.

PASSARGE, SIGFRIED, **Einführung in die Landschaftskunde.** Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1933. IV, 100 S., 16 Bildtafeln, 1 Profiltafel und 2 Skizzen im Text. 14 cm × 22 cm. Preis geh. RM 4.—.

Mit dieser „Einführung" gibt PASSARGE eine wertvolle Ergänzung seiner zahlreichen großen und kleinen Schriften über den gleichen Gegenstand. Die Aufgabe der Landschaftskunde, die er als neuen, grundlegenden Teil der Geographie auszubauen sucht, kann man etwa so bezeichnen: es soll die sinnlich wahrnehmbare Landschaft nach bestimmten Gesichtspunkten in ihre Raumelemente zerlegt und es sollen die Wechselbeziehungen dieser Landschaftskomponenten wissenschaftlich gedeutet werden. Wenn ich die Entwicklung der Anschauungen PASSARGES richtig sehe, so hatte er dabei anfangs nur an die *natürliche* Landschaft gedacht, wie sie sich besonders aus dem Zusammenwirken von Bodengestalt, Klima und Vegetation ergibt. Die menschlichen Erscheinungen wurden als abhängig von ihr betrachtet, aber nicht der Landschaftskunde, sondern der Länderkunde im alten Sinne zugewiesen. Später hat PASSARGE dann auch eine „Stadtlandschaft" als besonderen Typus aufgestellt. Aber erst jetzt, in der „Einführung", steht die gesamte *Kultur*landschaft gleichberechtigt neben der Naturlandschaft. Diese Auffassung entspricht allein der inneren Notwendigkeit.

Aus der ganzen Blickrichtung der Landschaftskunde auf das sinnlich Wahrnehmbare ergibt sich der hohe Wert, den PASSARGE mit Recht der *Beschreibung* in der Geographie beimißt (S. 60). Fast die ganze erste Hälfte des Buches ist der Beschreibung einer einzigen Landschaft gewidmet, einer Landschaft allerdings, die sich durch besondere Mannigfaltigkeit und Gegensätzlichkeit der Teile auszeichnet. Es ist die Umgebung von *Meran*. Die Abschnitte, die sich mit ihr beschäftigen, scheinen mir die wertvollsten des kleinen Werkes zu sein. Die ausführliche Besprechung eines Beispiels ist sehr geeignet, den Leser mit den Absichten und der Denkweise des Verfassers vertraut zu machen. PASSARGE gibt zunächst eine „Impektionsbeschreibung". Leider sagt er nicht bestimmt genug, was er darunter versteht. Aus der Darstellung ergibt sich aber, daß damit die erste, rein tatsächliche Feststellung der im Landschaftsbild unterscheidbaren Teile jeder Art gemeint ist. Man muß sich diese Erläuterungen an Ort und Stelle gegeben denken. Beim Lesen ist es nicht ganz leicht, die Fülle von Einzelheiten in sich aufzunehmen, trotz der Unterstützung durch eine große Zahl vorzüglicher Bilder und einige Panoramazeichnungen (bei denen übrigens die Erklärung der eingetragenen Ziffern und Buchstaben fehlt). Unmittelbarer wirkt die „Examination" von vier ausgewählten Landschaftsräumen desselben Gebietes. Wieder wird nicht gesagt, was „Examination" ist und wie sie sich von der „Inspektion" unterscheidet. Eigentliche Erklärungen soll auch die Examination noch nicht geben, auch sie bleibt immer noch landeskundliche Beschreibung. Aber sie weist doch auf die Zusammenhänge hin, so daß anschauliche und lebensvolle Gesamtbilder der behandelten Teillandschaften entstehen.

In der zweiten Hälfte des Buches beschäftigt sich PASSARGE mit allgemeineren Fragen der Methodik und des Inhaltes einer vergleichenden Landschaftskunde, deren Aufbau er durch seine größeren Werke bereits weitgehend gefördert hat. Zu diesen Ausführungen wäre im einzelnen mancherlei zu bemerken, doch ist hier nicht der Ort dazu. Auch sie sind reich an wertvollen Anregungen, aber sie scheinen mir vielfach zu leicht hingeworfen. Neben dem Positiv-Schöpferischen, das in den landschaftskundlichen Bestrebungen PASSARGES liegt, macht sich zuweilen auch eine gewisse Unzulänglichkeit des reinen Beobachters auf methodisch-begrifflichem Gebiet geltend. Ich denke dabei nicht an die oft angefochtenen langatmigen Benennungen, die PASSARGE für seine Landschaftstypen prägt. Denn er sagt selbst (S. 60), sie seien nicht für eine fortlaufende Darstellung geeignet, sondern als „Diagnosen" gedacht, als Bezeichnungen, aus denen man das Wesen des Landschaftstypus ablesen kann. Als solche haben sie meiner Meinung nach sehr wohl ihre Berechtigung, und sicherlich ist diese Methode zweckmäßiger als die von GRANÖ empfohlene Anwendung von bloßen Buchstaben und Ordnungszahlen. Aber neben manchen Kleinigkeiten — beginnend mit dem etwas schiefen Eröffnungssatz „Im Mittelpunkt alles Geschehens steht der Raum, in dem sich die Ereignisse abspielen" — scheint mir vieles von dem, was über das Verhältnis der Landschaftskunde zur Gesamtgeographie, zu ihren Teilen und zu den Nachbarwissenschaften gesagt wird, anfechtbar. Namentlich gilt das von dem immer wieder betonten Unterschied zwischen Landschaftskunde und Länderkunde. Die einzelnen *Teile* der Geographie sollten überhaupt nicht den Ehrgeiz haben, als etwas Selbständiges zu gelten. In diesem besonderen Falle muß PASSARGE aber selbst so enge Verwandtschaftsbeziehungen feststellen, daß man nicht recht begreift, warum er auf die Unterscheidung soviel Gewicht legt. Um sie aufrechterhalten zu können, gibt er den Wörtern „Land" und „Länderkunde" einen Sinn, den wohl bis dahin kaum ein Geograph mit ihnen verbunden hat. Ein „Land" ist ihm (S. 79 und anderwärts) ein „*vom Menschen künstlich begrenzter Raum*" (!), vorzugsweise ein Staatsgebiet. Das widerspricht der gesamten Entwicklung der wissenschaftlichen Geographie in den letzten anderthalb Jahrhunderten. Denn schon seit den Vorläufern CARL RITTERS ist doch gerade das Streben immer dahin gegangen, ein Land als „*Natur*gebiet", als „geographisches Individuum", oder wie man es sonst nennen will, aufzufassen und sich von der Beschreibung nach Staatsgebieten frei zu machen. Der Begriff „Länderkunde" ist gerade mit *diesen* Bestrebungen eng verbunden. Wenn PASSARGE das Wort jetzt auf die *politische* Geographie angewendet wissen will — denn um eine solche handelt es sich bei *seiner* Länderkunde —, so bringt das nur Verwirrung. Die Länderkunde im gewöhnlichen Sinn hat von Anfang an eine Richtung auf das Landschaftliche gehabt. Wenn diese sich in den kurzen Übersichten der Lehrbücher nicht recht entfalten kann, so kommt sie doch in eingehenderen Darstellungen, wie den Ostalpen von N. KREBS und R. GRADMANNS Süd-Deutschland, stark zur Geltung, und viele Anzeichen lassen erkennen, daß man die Erfassung der Landschaft immer mehr als die Hauptaufgabe der reinen Geographie (im Gegensatz zu einer angewandten) betrachtet. Den Wert der Landschaftskunde PASSARGES sehe ich nicht darin, daß hier eine neue, selbständige Wissenschaft entsteht — das würde ich nicht für wünschenswert halten —, sondern daß die Anregung zu einer bis ins einzelne durchgebildeten Beobachtung der Landschaftselemente, in gewissem Grade auch die Systematik, geeignet ist, die gesunde Entwicklung der gesamten Geographie, der allgemeinen sowohl wie der Länderkunde, zu fördern. In diesem Sinne kann die „Einführung" namentlich auch den Studierenden warm empfohlen werden. O. SCHLÜTER, Halle.

HETTNER, ALFRED, **Vergleichende Länderkunde.** II. Band: Die Landoberfläche. VIII, 172 S. und 149 Abbild. Preis geh. RM 6.40, geb. RM 7.40. III. Band: Die Gewässer des Festlandes. Die Klimate der Erde. VIII, 202 S. und 148 Abbild. Preis geh. RM 7.40, geb. RM 8.40. Leipzig-Berlin: B. G. Teubner 1934. 16 cm × 24 cm.

Gab der erste Band die ideellen Ausgangsformen für die Ableitung der tatsächlich vorhandenen Oberflächenformen, so füllt den zweiten eben diese Ableitung, indem gezeigt wird, wie unter steter Wechselwirkung die durch endogene Kräfte geschaffenen Hauptformen durch die Einwirkung der — wesentlich klimatisch bedingten — exogenen Kräfte modifiziert werden. Also eine Morphologie der Erdoberfläche, freilich nicht als systematische Wissenschaft dargestellt, sondern unter dem räumlich-vergleichenden Gesichtspunkt, der für HETTNER der geographische schlechthin ist. Der Band ist somit ein wichtiger Bestandteil vergleichender Länderkunde, und es ist zu begrüßen, wie hier von der überschauenden Warte lebenslanger Forschererfahrung der Morphologie ihr Platz angewiesen wird, gleichweit entfernt von vergangener Überschätzung und heute vielfach zu beobachtender Ablehnung. Bemerkenswert ist die starke Betonung des Bodens; der Begriff wird weiter gefaßt als in der zünftigen Bodenlehre, die sich meist nur mit dem Boden im engeren Sinn, dem durch Verwitterung erzeugten „Oberboden" beschäftigt, während der Geograph auch den Felsboden und den sog. „Unterboden" (meist ein Erzeugnis der Umlagerung) in seine Betrachtung hineinzieht. Ihm ist der Boden ganz allgemein „eine Tatsache der oberflächlichen Umbildung". Zu unterstreichen sind die kritischen Bemerkungen zur morphologischen Terminologie, die ja unbestritten sehr im Argen liegt; die vorgeschlagene zweigliedrige oder binomische Bezeichnungsweise würde jedenfalls klärend wirken. Möge auch die Warnung beachtet werden, die Terminologie nicht unnötig weit zu treiben! Abgelehnt wird die übermäßige Verwendung von Zahlenwerten, besonders die „Sucht nach Mittelwerten" in der Orometrie. Zu den Bemerkungen über die Darstellung des Geländes sei ein Einwand gestattet. Da heißt es: „Die sprachliche Darstellung ist kein Ersatz, sondern eine Ergänzung der bildlichen Darstellung. Ihre Aufgabe ist die generalisierende Darstellung und die Erklärung". Liegt darin nicht eine Unterschätzung der sprachlichen Möglichkeiten? Gewiß, nicht jeder kann dieses kostbare Werkzeug menschlicher Ausdrucksfähigkeit meistern. Aber darum bleiben für mein Empfinden Diagramm, Profil, Bild doch nur Hilfsmittel, und selbst die Karte muß durch das Wort, und zwar nicht nur im erklärenden Sinne, erst lebendig gemacht werden.

Im einzelnen kann der außerordentliche Reichtum an Tatsächlichem, der in dem Werke steckt, hier natürlich nicht aufgeführt werden. Nach einleitender Besprechung der Vorgänge der oberflächlichen Umbildung — Verwitterung, Denudation und Umlagerung, Arbeit des fließenden Wassers, der Gletscher und des Windes — folgt als Synthese der „Gesamtvorgang der oberflächlichen Umbildung", wobei gezeigt wird, wie die wechselseitigen Beziehungen zwischen Abtragung und Ablagerung zur Ausbildung morphologischer Systeme oder Komplexe führen. Für ein System der geographischen Verteilung wird grundlegend der klimatische Gesichtspunkt benutzt. Und nun zieht, den Hauptteil des Bandes füllend, der Formenschatz der Erdoberfläche an uns vorüber. Zuerst die Flußlandschaften, die entsprechend der Verbreitung humiden Klimas den größten Teil der Landoberfläche einnehmen, dann die Räume glazialer Bodengestaltung einschließlich der Gebiete eiszeitlicher Vergletscherung, drittens die Trockengebiete (Wüsten und Halbwüsten); endlich die Küsten als Abschluß, denn „die Küsten können nicht verstanden werden, wenn man nicht die Formen des Landes verstanden hat". Für die große Mannigfaltigkeit der Küstenformen einen einheitlichen systematischen Rahmen zu finden, ist trotz vielfacher Versuche bisher nicht gelungen; neue Wege werden auch hier nicht gewiesen, und so hinterläßt dieser Abschnitt über die Küsten bei prachtvollen Einzelcharakterisierungen doch eine leise Unbefriedigtheit.

Soeben erscheint nun der dritte Band, der den geophysikalischen Teil des Gesamtwerkes abschließt. Er behandelt das Wasser des Festlandes und das Klima. Die etwas ungewöhnliche Formulierung „das Wasser des Festlandes" ist gewählt, weil sie alle Erscheinungsformen des Wassers umfassen soll: nicht nur die Flüsse und Seen, sondern auch Grundwasser, Schnee, Firn und Gletschereis. Diese zusammenfassende Behandlung des Wassers als Bestandteil der Landschaft ist eine erfreuliche Bereicherung der geographischen Literatur, denn wie der Verfasser selbst betont, ist sie in so weit gezogenen Grenzen noch nicht oft versucht worden. Einleitend werden die Vorgänge des Abflusses besprochen (wobei die Aktivität des fließenden Wassers herausgehoben wird, das sich unter Umständen auch gegen tektonische Veränderungen der Erdoberfläche durchsetzt); dann, wie im vorigen Bande zielbewußt unter den geographischen Gesichtspunkt gestellt, aber bedrängt von der Fülle des Wirklichen, all die oben schon genannten Erscheinungsformen des Wassers. Die Gesetze des Wasserhaushaltes, insbesondere das Problem des Abflußfaktors, finden eine klare Darstellung; jedes Flußsystem wird als ein physiologisches Individuum aufgefaßt, die wichtige ausgleichende Wirkung großer Flußsysteme betont. Echt geographisch das Kapitel über die klimatischen Typen des Wasserhaushaltes. Ein kurzes Schlußkapitel ist etwas zu gewichtig mit „Physik und Chemie der Gewässer" überschrieben; es behandelt unter anderem den Transport fester Materialien, für den Geographen sehr bedeutsam und hier wohl gar zu knapp.

Den zweiten Hauptteil des Bandes, die Klimate der Erde, kann man in verschiedener Hinsicht als einen Höhepunkt in dem bisher vorliegenden Werke bezeichnen. Denn einmal ist es wohl derjenige Teil, in dem am meisten neuschaffende Arbeit des Autors steckt; zweitens aber ist, worauf ja schon mehrfach hinzuweisen war, ein großer Teil des Werkes, nämlich die Behandlung der durch exogene Kräfte bedingten Gebilde (Band II und 1. Hälfte von III) methodisch so stark auf das Klima hin orientiert, daß der Fluß der Erörterung geradezu hinzuströmen scheint auf eine Erfassung der Klimatypen und ihrer Verbreitung über die Erde. Von dem älteren Buche desselben Verfassers „Klimate der Erde" beträchtlich abweichend, werden zunächst in kurzem Abriß die Methoden der klimatologischen Forschung und Darstellung gebracht (die damals fehlten), dann ausführlich die Klimaelemente, in ideeller Ableitung aus der atmosphärischen Zirkulation und in ihrer Abwandlung durch die Verteilung von Land und Wasser und durch die Topographie des Landes; weiter, nach kurzer Einschiebung der für die Klimakunde wichtigen Verhältnisse des Meeres (Strömungen, Temperaturen) die chemische Zusammensetzung und der Staubgehalt der Luft; endlich Wasserdampf, Bewölkung und Niederschläge sowie die Wärmeverhältnisse der Luft, wobei in ausführlicher, durch zahlreiche Karten veranschaulichter Behandlung die

verschiedenen Niederschlags- und Wärmetypen herausgearbeitet werden.

Im folgenden wichtigsten Teil wird nun versucht, aus dem gemeinsamen Wirken dieser Elemente, die aber je nach den örtlichen Verhältnissen gleichsam verschieden dosiert sind, eine Einteilung der Klimate der Erde zu gewinnen. Es kann wohl gesagt werden, daß die vorliegende Lösung dieser Aufgabe unter den zahlreichen bisher schon versuchten die glücklichste ist. Sie ist klar und übersichtlich in der Benennung (vorwiegend nach der Art der jeweils charakteristischen Luftbewegung) und in der Kennzeichnung, die es vermeidet, diese doch eigentlich nur zusammenschaubaren, d. h. zu erlebenden Gebilde allzu sehr in starre Zahlengrenzen zu zwingen. Viele Diagramme, die den jährlichen Gang der Hauptelemente Temperatur und Niederschlag an ausgewählten Orten zeigen, erläutern die Beschreibung. Den Beschluß macht die Ausbildung der Klimate in den einzelnen Erdteilen, mit Klimakärtchen und Diagrammen. KURT KAEHNE, Berlin.

KOEHNE, W., und W. FRIEDRICH, **Ungewöhnliches Steigen des Grundwassers und Überschwemmungen in Senken ohne sichtbaren Abfluß.** Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Besondere Mitteilungen Bd. 8, Nr 1. Berlin: E. S. Mittler & Sohn 1933. 56 S. 8 Taf. und 1 Bildnis von SOLDAN mit Nachruf. Preis RM 8.—.

Langjährige Schwankungen des Witterungscharakters zeigen sich in den Wasserverhältnissen solcher Gebiete, die keinen sichtbaren Abfluß besitzen, in besonders lehrreicher Weise. Das gilt auch für eine Anzahl von Sandgebieten, wie sie besonders im östlichen Teile Deutschlands vertreten sind.

Die Verfasser untersuchen zunächst die Schwankungen der Jahressummen der Niederschläge seit 1852, die in übersichtlichen Zeichnungen dargestellt sind. Es zeigt sich, daß etwa seit dem Jahre 1914 häufiger als früher zwei oder mehr nasse Jahre aufeinanderfolgen und daß diese nassen Jahresfolgen einen ungewöhnlich großen Regenreichtum aufweisen. Darauf wird zunächst die Frage theoretisch behandelt, wie sich der Grundwasserspiegel verhalten muß, wenn mehrere Jahre mit überdurchschnittlichen Niederschlägen aufeinanderfolgen. Diese Frage wird mit Hilfe der Lysimetermessungen, die FRIEDRICH und BARTELS in Eberswalde ausgeführt haben, weiter geklärt.

Dann werden die Nachrichten über Schwankungen des Wasserspiegels in solchen Becken, die dauernd oder zeitweilig keinen sichtbaren Abfluß haben, geprüft, wobei diese Becken in verschiedene Gruppen eingeteilt werden.

Die wertvollsten Grundlagen zur Beurteilung dieser Fragen liefern die laufenden Grundwasserstandsmessungen. Es werden hier etwa 100 Beispiele aus dem norddeutschen Flachlande vorgeführt, und es wird die Abhängigkeit des Schwankungsverlaufs von der geographischen Lage besonders sorgfältig behandelt. Bei dieser Gelegenheit wird auch das Rätsel des „Prophetensees" bei Hamburg, über das man sich seit Jahrhunderten die Köpfe zerbrochen hat, gelöst.

Dann werden die Ergebnisse zusammengefaßt: Während der jahreszeitliche Gang des Grundwasserspiegels stark von der Temperatur beeinflußt wird, folgt der Gang von Jahr zu Jahr den Niederschlägen. Tektonische Schollenbewegungen braucht man zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen nicht anzunehmen. Abholzung und Wiederaufforstung spielt eine noch nicht genauer ermittelte Rolle, die aber gegenüber derjenigen der Niederschläge zurücktritt.

Am Schlusse wird die Bedeutung der zeitweilig hohen Grundwasserstände behandelt. W. KOEHNE, Berlin.

Mitteilungen aus der Lebensmittelchemie.

Das Problem der chemischen **Verdaulichkeit einer Nahrung** bedeutet nach H. MOSER [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 257 (1933)] für einen Organismus die Aufgabe soviel Verdauungssaft zu bereiten, daß das Gemisch von Speisebrei und Verdauungssaft mindestens auf eine Wasserstoffionenkonzentration gebracht wird, bei der die Fermenttätigkeit beginnen kann. Ein annäherndes Bild von der Verdaulichkeit einer Speise gibt daher die Menge saurer bzw. alkalischer Säfte, die der Organismus zur richtigen p_H-Einstellung aufwenden muß. Die Widerstände gegen Reaktionsverschiebung, also Verdaulichkeit der Nahrung, sind meßbar an der Pufferungskapazität. MOSER dividiert als Ausdruck dafür die ϑ-Werte nach HIRSCH [Biochem. Z. **147**, 433 (1924)], durch die Calorienzahl von 1 g Nahrungsmittel, um die spezifische Verdaulichkeit $\varkappa$, also die nötige Menge Verdauungsflüssigkeit um eine Calorie in resorbierbare Form überzuführen, zu erhalten. Die folgende Tabelle enthält diese $\varkappa$-Werte für einige Lebensmittel,

Nahrungsmittel	Ausgangsstufe A	Magenarbeit Stufe A—2,5	Darmarbeit Stufe 2,5—7,5	Gesamtverdauungsarbeit Stufen A—2,5
Weizenbrot .	5,51	0,0155	0,027	0,042
Pellkartoffel .	6,54	0,159	0,170	0,329
Kuhmilch .	6,60	0,149	0,164	0,313
Handkäse .	7,32	0,217	0,220	0,437
Eiklar . . .	8,96	0,234	0,218	0,452
Eidotter . .	6,02	0,060	0,070	0,130
Schokolade .	5,90	0,040	0,051	0,091
Apfel	3,19	0,026	etwa 0,171	etwa 0,193

und zwar von der Ausgangs-p_H-Stufe A bis zur Stufe $p_H = 2{,}5$ im Magen bzw. 7,5 im Darm.

Die **Tropfsaftmenge bei Gefrierfleisch** nach dem Auftauen hängt nach W. A. EMPEY [J. Soc. chem. Ind., Chem. & Ind. **52**, 230 (1933)] von dem Gehalt und der leichten Auspreßbarkeit der lose gebundenen Muskelflüssigkeit ab. Beide waren am geringsten in Muskeln mit niedriger Wasserstoffionenkonzentration, am geringsten bei $p_H = 6{,}3$ oder höher. Alter, Geschlecht, Rasse, Zustand des Tieres, Zeit zwischen Schlachten und Einfrieren, Aufbewahrungsdauer im Gefrierzustand sowie Variationen im Grade des Gefrierens und Auftauens sind ohne bestimmten Einfluß auf die Tropfneigung eines Muskels. Durch Erhöhung des osmotischen Druckes oder p_H-Wertes, die durch Zusatz geeigneter Salze erreicht wird, läßt sich das Tropfen bedeutend vermindern oder ganz aufheben.

Die **Farbe von Kühlfleisch** wird nach R. HEISS und E. HOHLER [Z. ges. Kälte-Ind. **40**, 54 (1933)] entscheidend von der Kühlraumtemperatur, weniger von der relativen Feuchtigkeit oder der Luftgeschwindigkeit beeinflußt. — Das **Übergehen von Arzneimitteln** in das Fleisch von Schlachttieren kann besonders bei Behandlung der Tiere mit Terpentinöl das Schlachtfleisch verderben. F. W. FREISE [Z. Fleisch- u. Milchhyg. **43**, 307 (1933)] fand, daß amerikanisches Terpentinöl auch bei wiederholter Anwendung dem Fleisch nur einen schwachen Geruch erteilt, französisches dagegen schon bei zweimal 60—70 g für eine Kuh von 480 kg einen deutlichen bis zum 22. Tage anhaltenden. Die Ursache ist l-α-Pinen. Magere Tiere werden dabei weniger beeinflußt als fette.

Gelaugte Fische, eine in skandinavischen Ländern hochgeschätzte Speise werden, wie S. SCHMIDT-NIELSEN, K. GUNNERÖD und J. STENE [Kong. Norske Vidensk. Selsk. Forhandl. **6**, 123 (1933)] mitteilen, meist aus getrocknetem Dorsch oder Leng bereitet. Die Trockenfische werden 3—7 Tage in Wasser eingeweicht, dann in Stücke zerschnitten und dann mit der 10—15fachen Menge 0,06 normaler Natron- oder Kalilauge 4—7 Tage behandelt und darauf ausgewaschen. In der fertigen Ware ist leicht abspaltbarer Schwefel nicht nachweisbar, der Gehalt an Ammoniak gering; nach dem Kochen geben die Fische bleischwärzenden Schwefel ab. Nach besonderen Versuchen betrugen die Verluste an Protein beim Weichen 6,9—8,3, beim Laugen 10,0—10,7, beim Auswaschen 2,9—3,9%. Durch die Quellung erhält man eine Ausbeute von 710—825% der eingewogenen reingeschnittenen Trockenfische. Das Laugen gelingt nur bei $p_H = 12{,}4$ und darüber, also nicht mit Alkalicarbonaten.

Der **Gefrierpunkt der Milch** ist bei der Milchuntersuchung zu großer Bedeutung gelangt, weil individuelle physiologische Einflüsse darauf von allen Milchkennzahlen den geringsten Einfluß ausüben. Der sicherste Nachweis einer Milchwässerung baut sich daher auf der Verschiebung des Gefrierpunktes auf. R. BAUER [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 42 (1933)] verfolgte bei verschiedenen Kühen während der ganzen Lactationsperiode diese Milchkonstante und fand als niedrigsten Wert — 0,526°. Im Gegensatz hierzu unterliegt der Fettgehalt der Milch beträchtlichen Schwankungen besonders bei Einzelkühen. Nach J. W. G. MAC EVAN und V. E. GRAHAM [Sci. Agric. **13**, 324 (1933)] sinkt er in den ersten 4 Monaten der Lactation, um dann besonders im letzten Monat zu steigen. Das kleinste Herdenmittel wurde im Juli, das höchste im Februar gefunden. Das Alter der Tiere hat nur wenig Einfluß. Im Verlaufe des Melkens kann der Fettgehalt der ermolkenen Anteile von 1,0 auf 10,0% steigen. Verringerung der Trinkwassergabe verringert den Milchertrag einer Kuh, aber nicht den Fettgehalt der Milch.

Die **Pasteurisierung** der Handelsmilch erfolgt entweder durch halbstündiges Erhitzen auf 63—65° (Dauerpasteurisierung) oder kurzes Erhitzen auf 85° (Hochpasteurisierung). Bei beiden Methoden werden, wie Laboratoriumsversuche von J. D. QUINN und L. H. BURGWALD [Milk Plant. Monthly **22**, 26 (1933)] gezeigt haben, praktisch gleiche Keimabtötungszahlen erhalten. Die Aufrahmfähigkeit der Milch wird aber durch Dauerpasteurisierung weniger als durch Hocherhitzung geschädigt. Die in der Milch enthaltenen Enzyme werden durch Erhitzen geschwächt, ein Vorgang, der verschiedentlich zur Erkennung von Rohmilch in und gegenüber erhitzter Milch verwendet wird. H. KLUGE [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 71 (1933)] fand schon beim halbstündigen Erhitzen roher Milch auf 55° eine erhebliche Schwächung der Milchdiastase. Wenn man unter Diastaseeinheit die Anzahl Kubikzentimeter 1proz. Stärkelösung versteht, die in 3 Stunden bei 38° von 1 ccm Milch bis zur rotvioletten Farbe mit Jod abgebaut werden, so ergab rohe Milch 0,583 bis 1,980, im Mittel 1,312, dauerpasteurisierte 0,292, momenterhitzte (75°) 0,146 Diastaseeinheiten. Kochen der Milch zerstört die Diastase vollständig, einfaches Stehenlassen roher Milch bewirkte keine Änderung, bei niedrig pasteurisierter Milch bisweilen eine Reaktivierung der Diastase. — Als typischer Kotbestandteil ist das Bacterium coli zur Erkennung der **Reinheit der Milch** hervorragend geeignet. Die Zahl der Colikeime ist nach J. PIEN, J. BACHIMONT und R. FILHOL [Lait **12**, 903, 1058; **13**, 346, 548, 817 (1933)] in dieser Hinsicht der allgemeinen Keimzahl meist überlegen. In dauerpasteurisierter Milch darf B. coli überhaupt nicht mehr vorkommen, gelangt aber bisweilen durch Reinfektion wieder hinein. Bei Handelsmilch gelten noch als hervorragend rein bis zu 50, als sehr gut bis gut 100—1000, als genügend mehrere tausend Colikeime im Liter.

Der **Aufrahmungsvorgang** der Milch wurde von E. MERTENS [Milchwirtsch. Forsch. **14**, 1, 21, 33, 37 (1932)] einer eingehenden Prüfung unterzogen. Hiernach ist gefrorene oder tiefgekühlte und über 4 Stunden gealterte Milch in der Aufrahmungsfähigkeit geschädigt, wird aber durch 5 Minuten langes Erhitzen auf 50° wieder normal. Dauerpasteurisierte Milch wird irreversibel stark geschädigt. Bei schlecht aufrahmender Milch ist nach MERTENS die Grenzflächenspannung zwischen Magermilch/Butterfett höher als normal, die Schaumfähigkeit geringer. Durch Zusatz von 1% eine 5proz. Milchglobulinlösung oder von sehr geringen Mengen Colostrummilch wurde eine sehr wesentliche Verbesserung der Aufrahmungsgeschwindigkeit erzielt. Die **Fettkügelchen** in der Milch sind durch eine besondere Membran vom Milchplasma geschieden. Das Wesen und die Natur dieser Membran sind Gegenstand zahlreicher Forschungen gewesen. Nach neueren Versuchen von L. S. PALMER und H. F. WIESE [J. Dairy Sci. **16**, 41 (1933)] besteht die Membran aus einer Mischung von Protein und Phosphatiden. Das Protein enthielt zwischen 11,48—12,64% Stickstoff, 0,94 bis 0,96% Schwefel und 0,27—0,57% Phosphor und glich keinem anderen Milchprotein. Die Phosphatide erwiesen sich als Mischung von Mono- und Diaminoverbindungen. Der isoelektrische Punkt der Membran liegt bei $p_H = 3.9—4{,}0$.

Der natürliche gelbe **Farbstoff der Butter**, insbesondere der Weidebutter, steht in naher Beziehung zu ihrem Gehalt an Vitamin A. A. LOEWY und G. CRONHEIM [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 450 (1933)] verglichen den Farbstoffgehalt verschiedener Buttersorten miteinander und fanden bei Alpenbutter aus Davos von 1600 m Höhe den höchsten, bei Butter aus Rohrschach etwas niedrigeren, bei sonstigen Butterproben wesentlich niedrigeren Gehalt an Farbstoff und Vitamin.

Durch die Neuregelung des Eierhandels in Deutschland sind auch für die **Eieruntersuchung** neue Arbeitsgebiete entstanden. Insbesondere die Erkennung der Frische bzw. des Alters von Eiern, Nachweis von konservierten oder Kühlhauseiern sowie betrügerischen Behandlungen am Handelsei wie Entfernung von Stempelaufdrucken, oberflächliche Abwaschung von Schmutz, sind Aufgaben, deren einfache glatte Lösung von großer praktischer Bedeutung sein wird. Nach K. EBLE, H. PFEIFFER und R. BRETSCHNEIDER [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 100 (1933)] zeigen mit Kalk oder Wasserglas konservierte Eier nach Eintauchen in Thybromollösung einen gelben, an den Rändern blauen, nach wenigen Sekunden ganz in Blau übergehenden, frische Eier einen gelben Fleck. Bei Abspülen des Fleckes mit Wasser von $p_H = 7{,}4$ liefern nicht konservierte Eier starkblaue Flecke, Kalkeier hellblaue, Wasserglaseier werden farblos. Die Innenwand nicht konservierter Eier zeigt dann nach dem Öffnen dunkelblaue Flecke, Kalk- und Wasserglaseier nicht, da bei diesen die Poren in der Schale verschlossen sind. Ferner ist nach EBLE, PFEIFFER und BRETSCHNEIDER das Eiklar frischer Eier völlig frei von anorganischer Phosphorsäure, während ältere Eier, mit der Molybdänreaktion nachweisbare Spuren davon enthalten. — P. WEINSTEIN [Z. Unters. Lebensmitt. **66**, 48 (1933)] zieht den allmählichen Ausgleich der Gefrierpunktsdifferenz zwischen Eidotter und Weißei zur Alters-

beurteilung heran. Der Gefrierpunkt des Dotters, im Mittel — 0,601°, entspricht bei Huhn, Ente und Pute etwa dem des Blutserums, dagegen liegt der Gefrierpunkt des Weißeis erheblich höher, nämlich im Mittel bei — 0,453°. Für Dotter und Weißei selbst betrug diese Differenz zwischen Dotter und Weißei bei frischen Eiern stets über 0,14°. Bei 8 Wochen alten war sie bei Aufbewahrung in Luft auf 0,07°, in Garantol und Luft auf 0,057°, in Wasserglas auf 0,065° gefallen. Bei in Kalk und Wasserglas konservierten Eiern liegt die Kennzahl schon nach 4 Wochen unter 10. Die Ausführung der Gefrierpunktsbestimmung wird durch Mischen des Eidotters oder Eiklars mit physiologischer Kochsalzlösung erleichtert. Auch für diese Mischungen findet WEINSTEIN analoge, zur Altersbeurteilung geeignete Gefrierpunktsunterschiede. — Das **Lecithin**, der eigenartige charakteristische Bestandteil des Eidotters wurde früher fast ausschließlich aus dem Gehalt an alkohollöslicher Phosphorsäure berechnet. Hierbei werden aber auch andere Phosphatide mitbestimmt. F. E. NOTTBOHM und F. MAYER [Z. Unters. Lebensmitt. **66**, 585 (1933)] sehen als eigentliches Lecithin nur das Cholinlecithin an. Sie bestimmen nach einer besonderen Methode das durch Hydrolyse mit Salzsäure im Autoklaven bei 4,5 Atü abgespaltene Cholin durch Fällung mit Jodlösung und nennen „Cholinfaktor" die Menge Cholin, die 100 g Eigelb entspricht. Dieser Faktor beträgt für technisches Hühner- und Enteneigelb 1,000. Als Ausdruck für das Verhältnis von Gesamtphosphatid zu Cholinlecithin dient ihnen der Begriff P.L.-Zahl (Phosphatid/Lecithinzahl), die für Eigelblecithin von Hühnern rund 1,4 beträgt. Das Hühnerei eignet sich aus verschiedenen Gründen als Träger bei der indirekten Anwendung von Arzneimitteln, sofern diese, den Legehennen als Futter gegeben, sich in gewissen Mengen im Eidotter ablagern. Beim Verzehr solcher Eier läuft der Patient weniger leicht Gefahr durch Überdosierung geschädigt zu werden als bei direkter Einnahme. Besonders Jodeier werden heute an vielen Stellen durch Fütterung mit jodhaltigem Futter erzeugt. Nach J. STRAUB [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 97 (1933)] ist es so möglich, bis zu etwa 2500 γ (= 2,5 mg) Jod in das Ei zu bringen, während normale Eier nur etwa 4—7 γ Jod enthalten. A. D'AMBROSIO [G. Chim. und appl. **15**, 231 (1933) — Chem. Zbl. **1933** II, 1445] berichtet sogar über italienische Jodeier mit 300000 γ und auch Jodbromeier, die neben 700 γ Jod etwa 50000 γ Brom enthielten.

Die **Kolloidchemie der Stärkemehle** wurde von E. WIEGEL [Z. Volksernährg. Diätkost **8**, 106 (1933)] untersucht. Wie bekannt, dienen die Stärkemehle vorwiegend als Quellungsmittel bei der Zubereitung vieler Speisen. Kartoffelstärke zeigt beim Erhitzen anfangs starke Quellung, um dann schleimig zu werden. Die starke Quellung gibt damit hergestellten Gebäcken kurzen und trockenen Charakter. Kleister von Weizen- und Maisstärke ist stark optisch getrübt, der von Reis und Kartoffelmehl nicht. Reisstärke scheint bei gewissen Fettsuppen als spezifisches Schutzkolloid für die Fettemulsion zu wirken. Durch einfache Erhitzungsverfahren gelingt es der Kartoffelstärke die Eigenschaften von Reis- und Maisstärke zu erteilen. — Die **Backfähigkeit** von Mehlen steht nach R. GUILLEMET und C. SCHELL [C. r. Acad. Sci. Paris **196**, 1052 (1933)] zum Schwefelgehalt in Beziehung. Der Schwefelgehalt des unlöslichen Proteins ist ziemlich konstant, das Verhältnis Schwefel : Stickstoff (S : N) beträgt hier 0,07. Bei den löslichen Proteinen ist dieses Verhältnis um so höher, je niedriger die Backfähigkeit; entsprechend schwankte auch die Gesamtmenge für S : N bei Weizen zwischen 0,00676—0,00876 und betrug bei Roggen 0,0121. — R. K. LARMOUR, J. G. MALLOCH und W. F. GEDDES [Canad. J. Res. **9**, 252 (1933)] untersuchten die Wirkung der Überwinterung in Haufen auf die Weizenqualität und fanden, daß die Mehlausbeute durchweg erhöht, die Backfähigkeit aber nur in 22% der Fälle verbessert, in 44% verschlechtert war. Beim Backversuch empfehlen LARMOUR und S. F. BROCKINGTON [Cereal. Chem. **10**, 593 (1933)] als Zusatz 0,001% Bromat und 0,5% diastatischen Malzextrakt. Bei einigen Mehlen wirkt nach denselben Forschern [Cereal. Chem. **10**, 599 (1933)] ein Zusatz von 0,1% primärem Ammonphosphat backverbessernd. — Einen gleichen Maßstab für die Backfähigkeit wie beim Bromat-Backversuch erhielten LARMOUR und H. R. SALANS [Cand. J. Res. **8**, 364 (1933)] durch die schneller ausführbaren Viskositätsmessungen von Mehlsuspensionen. LARMOUR und BROCKINGTON [Canad. J. Res. **6**, 614 (1932)] haben auch die Wirkung der Alterung auf die Triebkraft der Hefe studiert. Sie fanden in den ersten 19 Tagen keine Änderung; dann stieg das Brotvolumen bis zum 30. bis 33. Tage, worauf es wieder auf das mit frischer Hefe erhaltene fiel. Die Hefe wurde während des Versuches im Eisschrank aufbewahrt.

In nordamerikanischen **Honigen** sind in den letzten Jahren verschiedentlich auffallend niedrige **Diastasegehalte** festgestellt worden, die man zunächst auf die pflanzliche Herkunft des Honigs zurückzuführen suchte. Die Erscheinung hat aber durch Versuche von W. BARTELS und A. FAUTH [Z. Unters. Lebensmitt. **66**, 396 (1933)] eine unerwartete Erklärung gefunden. BARTELS und FAUTH konnten nämlich weder zwischen pflanzlicher Herkunft und Diastasegehalt noch zwischen diesen und Zahl der Pollenkörner einen Zusammenhang feststellen. Dagegen fanden sie, daß die in manchen Honiggebieten Californiens vorkommenden hohen Temperaturen, die etwa bis zu 50° gehen, bereits genügen um beträchtliche Rückgänge im Diastasegehalt des fertigen Honigs hervorrufen. So betrug nach Erwärmen bei 48—50° bei verschiedenen Honigen der Rückgang im Diastasegehalt in 3 Tagen 19—42, in 6 Tagen 42—63%. Bezüglich der Herkunft der Diastase im Honig prüfte H. WEISHAAR [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 369 (1933)] Nektar und Pollen verschiedener Pflanzen, Zuckerfütterungshonige, Bienenbrot, Bienenkot, Wachs und Puppenhäuschen quantitativ auf vorhandene Diastase. Das Ergebnis war, daß aus dem Nektar nur etwa 1,5—2,5%, aus den Pollen 0,25—0,75% aus den Bienen selbst aber 95% der Honigdiastase stammen.

Für **Kaffeegetränke** aus coffeinarmem und coffeinfreiem Kaffee in Kaffeehäusern müssen nach K. BRAUNSDORF [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 460 (1933)] auf eine Tasse von 150 ccm mindestens 8 und höchstens 11 g coffeinarme bzw. coffeinfreie Kaffeebohnen genommen werden. Eine Tasse darf bei coffeinarmem Kaffee höchstens 22, bei coffeinfreiem höchstens 8,8 mg Coffein enthalten. Von 15 untersuchten angeblich Kaffee Hag-Aufgüssen fand BRAUNSDORF 3, die unter Verwendung von gewöhnlichem Bohnenkaffee hergestellt waren und zwischen 10,8—72,0 (die anderen 1,2—8,7 mg) Coffein enthielten. Nach Versuchen von H. JESSER [Süddtsch. Apoth.Ztg **73**, 187 (1933)] enthielten selbst hergestellte Aufgüsse üblicher Art aus Kaffee Hag 3—3,5, Mate 10, Tee 23, Bohnenkaffee 74—100 mg Coffein. Durch den Aufguß wurden 75—80% des vorhandenen Coffeins in Lösung gebracht.

Die **Farbe des Kakaos** wird nach A. STEINMANN [Z. Unters. Lebensmitt. **65**, 454 (1933)] an Javakakao vorwiegend durch Licht und Dauer der Fermentation

beeinflußt. Kakaorot und Kakaobraun entstehen aus einem farblosen Mutterstoff. Kakaorot kann teils aus freiem, teils in gebundenem Zustand vorliegen. Die Entstehung von freiem Kakaorot hängt vorwiegend von der Kakaorasse ab, weiße unfermentierte Bohnen sind frei davon. In unfermentierten belichteten violetten Bohnen verschwindet es während der Fermentation. Die Färbungszunahme bei dieser ist dem Freiwerden von gebundenem Kakaorot durch Säuren (Essigsäure) zuzuschreiben, das dann langsam in Kakaobraun übergeht.

Die **Speiseschokolade** des Handels enthält heute fast allgemein kleine Zusätze von Lecithin aus Sojabohnen. Dieser Lecithinzusatz ruft den Eindruck eines leichteren Schmelzens hervor und ermöglichst dadurch Ersparung an Kakaobutter. Nach H. Fincke [Bull. officiel. Office int. Fabricants Chocolat Cacao **3**, 169 (1933)] erklärt sich die Wirkung des Lecithins so, daß es an den Grenzflächen zwischen Schokoladeteilchen und deren Fett Gleitschichten bildet, die die Reibung vermindern. Die Zähigkeit des Fettes selbst wird durch Lecithin nicht verringert sondern erhöht, weshalb höhere Zusätze an Lecithin, als für die Schichtenbildung nötig sind, ungünstig wirken. J. Grossfeld.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Schwimmbewegungen schnellschwimmender Hochseetiere. In Naturwiss. **1934**, H. 19, 303 macht H. Judis eine Mitteilung über die Konstruktion eines Flossenbootes, der Beobachtungen an Hochseetieren wie Pinguinen, Walen, Delphinen, Robben, Seeschildkröten und Haien zugrunde liegen sollen. Vom zoologischen Standpunkt können die Bemerkungen über die Fortbewegung dieser Tiere nicht unwidersprochen bleiben. Zweifellos sind die Flossen der oben erwähnten Tiere *vorn und hinten* angeordnet, daß diese Tiere bei *schnellem* Schwimmen aber *nur* mit den Vorderflossen schwimmen, wie von Judis angegeben wird, entspricht keineswegs den Tatsachen. Richtig ist dagegen, daß sie weit davon entfernt sind, sich nach Art eines Schiffes fortzubewegen. Der behauptete Fall trifft einzig und allein für die Pinguine zu, die gegenüber allen anderen erwähnten Tieren einen Spezialfall darstellen[1]. Höchstens bei den Seeschildkröten kann von einer Mitwirkung der Vorderbeine beim Schwimmen gesprochen werden, denen aber keine größere Bedeutung als den Hinterbeinen zugesprochen werden kann[2]. Das erwähnte gründliche Studium der Körperausbildung der genannten Tiere hätte schon dazu führen müssen, die Unterschiede in den Schwimmbewegungen dieser Tiere zu erkennen, selbst wenn diese gar nicht zur Beobachtung gekommen wären.

Die Pinguine stellen in der Tat eine ganz einzigartige Einpassung in ihr bevorzugtes Medium, das Wasser, dar, in dem sie große Strecken mit hoher Geschwindigkeit (bis 10 m pro Sekunde) zurücklegen können. Als einzigste Vögel unter den genannten Tieren erfüllen sie durch die Anordnung ihrer Muskulatur die Bedingungen für die Ausbildung von Schwimmbewegungen durch ihre Flügel, die so sehr zu „Flossen" reduziert wurden, daß sie zum Fliegen untauglich sind. Die Pinguine sind aber nicht nur ein Spezialfall unter so verschiedenen Tiergruppen wie Haien, Robben und Walen, sondern sogar innerhalb der Vogelwelt, denn die Benutzung der Flügel zur Fortbewegung ist sonst in keinem Falle so spezialisiert zur Ausbildung gekommen. Diejenigen Tauchvögel, die sich nur mit den Füßen unter Wasser vorwärtsbewegen, lassen sogar das Bestreben erkennen, diesen Antrieb soweit wie möglich nach hinten zu verlegen. Bei den Podicipiden ist deshalb der Oberschenkel so weit hinten im Becken eingelenkt, daß die Vögel auf dem Lande mit steil aufgerichtetem Körper stehen müssen, um nicht vornüber auf die Brust zu fallen. Ihre Schwimmbewegungen ähneln einem Raddampferantrieb, wenn ein technischer Vergleich herangezogen werden soll[1].

Die konvergente Entwicklung der äußeren Form (Gestalt) der eingangs genannten Tiergruppen, die sicher auf einer Induktion des bevorzugten Mediums beruht, sagt noch nichts aus über die autogen produzierte innere Form (Struktur) dieser Tiere, die für ihre Leistungen ganz wesentlich verantwortlich ist. Wale, Robben, Delphine und Haie *scheinen* sich in gleicher oder ähnlicher Weise fortzubewegen. Nur über die Haie liegen wirklich kontrollierbare Beobachtungen ihrer Schwimmbewegungen durch Breder vor, der die Schwimmbewegungen der Fische am eingehendsten studiert und sie mit Modellen nachgeahmt hat[2].

Die meisten typischen Fische bewegen sich durch eine horizontale Wellenbewegung ihres ganzen Körpers oder wenigstens dessen hinterer Hälfte fort, die durch Kontraktionen der kräftigen Seitenmuskulatur zustande kommt. Das eine Extrem dieser Bewegungsform ist die schlängelnde Bewegung der Aale, im entgegengesetzten Falle ist der Körper bis auf die Flossen ganz starr (Kofferfische). Fortbewegung nur durch die Brustflossen ist selten und nur bei kleineren Fischen ausgebildet (besonders Labriden *bei langsamen Schwimmen*). Die Auffassung der Schwanzflosse als „Propeller", wozu die tiefe Einschnürung zwischen Körper und Schwanzflosse bei manchen Fischen verleitet, ist durchaus verfehlt. Nimmt man als Normaltyp für die genannten seitlichen Schwingungen des Fischkörpers makrelenartige Fische an, so müssen die Schwimmbewegungen der Haifische *zwischen diesem Normaltyp und dem Extrem des Aales* eingeordnet werden. Breder sagt wörtlich (S. 240): „The fins of sharks are very limited in their movements." Die Größe der Brustflossen darf zu keinen voreiligen Schlußfolgerungen führen. Vielfach haben pelagische Haie sehr kleine, dagegen schlecht schwimmende Grundhaie große Brustflossen. Sie erleichtern ihnen das Schweben im Wasser als Ausgleich zu der fehlenden Schwimmblase.

Seehunde legen ihre vorderen Extremitäten bei schnellem Schwimmen fest an den Körper und geben sich vornehmlich durch Kontraktionen der Rumpfmuskulatur und durch die hinteren Extremitäten einen Antrieb. Weder Wale noch Haie erreichen die hohen Geschwindigkeiten der Pinguine, womit aber nicht gesagt ist, daß ihre Leistungen geringer gewertet werden müssen.

[1] Wolfgang Neu, Die Schwimmbewegungen der Tauchvögel (Bläßhuhn und Pinguine). Z. vergl. Physiol. **14**, 682—708 (1931).

[2] J. Bell Pettigrew, Die Ortsbewegung der Tiere. Leipzig 1875. (Animal locomotion 1873.)

[1] Harry R. Frank u. Wolfgang Neu, Die Schwimmbewegungen der Tauchvögel (Podiceps). Z. vergl. Physiol. **10**, 410—418 (1929). — Wolfgang Neu, Benutzen die Podicipiden ihre Flügel unter Wasser? Biol. Zbl. **51**, 18—21 (1931).

[2] C. M. Jr. Breder, The Locomotion of Fishes. Zoologica **4**, Nr 5. New York 1926.

Es ist klar, daß diese Art der Fortbewegung durch den ganzen Körper von keinem starren Schiff nachgeahmt werden kann. Die skizzierten Verhältnisse erschweren natürlich die Formanalyse von Fischen außerordentlich, wie Schleppversuche mit Hechten, die in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt vorgenommen wurden, ergaben[1]. Diese Versuche, denen den Reibungswiderstand betreffende Fragestellungen zugrunde lagen, haben bewiesen, daß es ohne Experiment unmöglich ist, zu einem Verständnis der Form und der Funktionen des Fischorganismus zu gelangen (s. auch MAGNAN)[2]. Weitere Auswertung und Ausbau dieser Experimente befinden sich in Vorbereitung. Beim Vergleich mit Schiffen muß stets daran gedacht werden, daß die Organismen keine Körper sind, die etwa wie ein Stein von der induzierenden Kraft des Wassers gestaltet werden, sondern daß sie aus sich heraus (autonom-autogen) Formen und Organe produzieren, die für gewisse Funktionen „ausgenützt" werden können und so eine „Anpassung" vortäuschen[3]. Die Entscheidung, worum es sich im einzelnen Falle handelt, ist meist schwierig zu treffen und bedarf weiterer experimenteller Analyse.

Als gesicherte Grundlage für die Konstruktion des Flossenbootes von JUDIS dient also nur der Fall der Pinguine, er macht die gute Leistung des Bootes durchaus verständlich. WOLFGANG NEU.

Hierzu bemerkt Herr JUDIS: Die Grundlage meiner Betrachtungen bildeten *nicht alle* Hochseeschwimmer und Taucher, sondern nur die Oberflächenschwimmer und die Flachtaucher, d. h. diejenigen Hochseetiere, die entweder an der Wasseroberfläche oder weniger als 2 Körperdurchmesser unter ihr zu schwimmen pflegen. Das hat Herr NEU, dem als reinem Zoologen die hierfür nötigen Kenntnisse in der Theorie des Schiffes und der Strömungslehre naturgemäß fehlen, nicht erkannt und auch nicht erkennen können. Betreffs des typischen Vertreters der Flachtaucher, des Pinguins, sind Herr NEU und ich, wie überhaupt in allen wesentlichen Punkten, derselben Meinung.

Fälle, in denen man von einem **Werkzeuggebrauch bei Insekten** sprechen kann, sind selten. Im allgemeinen versteht man unter Werkzeuggebrauch bei Tieren die Eigentümlichkeit, daß sie Gegenstände verschiedener Art bei Triebhandlungen, entweder gelegentlich oder dauernd, sinnfällig und zweckdienlich benutzen. Seit OYTTENBOOGAART (1901) war es bekannt, daß die Gruppe der Apiomerinen (Wanzenart auf Sumatra) eine ganz besondere Lebensweise führt. Neuerlich konnte diese seltenen Tiere ROEPKE beobachten. (W. ROEPKE, Über „Harzwanzen" von Sumatra und Java. Miscellanea Zoologica Sumatrana **68**, Sept. 1932. Medan. Sumatra.) Er teilt darüber folgendes mit: Die Vorderbeine dieser etwa 1,6 cm großen Wanzen sind zum Laufen ungeeignet, die Klauen fehlen und das Tier bewegt sich beim Laufen nur auf 4 Beinen. Die Eigentümlichkeit, daß bei Insekten nur 4 Beine zur Fortbewegung benutzt werden, kommt in den verschiedensten Gruppen vor, z. B. bei Schmetterlingen, Heuschrecken, parasitären Fliegen, um nur einige zu nennen. Das Besondere an dem Fall ist, zunächst nicht dieses, sondern etwas anderes. Die Vorderbeine sind namentlich im tibialen Teile mit Borsten versehen, während der Tarsus unbeborstet ist. Das Tier hat nun die Eigentümlichkeit daß es diese Vorderbeine mit stark klebenden Harztropfen beläd; z. B. durch Eintauchen in herabfliegendes Harz von *Pinus merkusii*. Infolge der eigentümlich abstechenden und verschieden langen Beborstung bildet sich an der Tibia ein birnenförmiger Harztropfen. Die mit diesem Harztropfen behafteten Beine hält die Wanze frei in die Luft nach vorn gerichtet und benutzt sie zum Fangen anderer Insekten namentlich von Ameisen. Die absichtlich mit Harz beschmierten Beine dienen als „Klebfangvorrichtung", ähnlich wie wir Fliegen mit Hilfe von Klebstreifen zu fangen pflegen. Entfernt man künstlich das Harz, so beladen sich die Tiere von neuem damit; ein Beweis, daß diese Beklebung keine Zufälligkeit, sondern eine absichtliche ist. Das Tier ist also dazu übergegangen die Klebfähigkeit von Harztropfen bzw. diese selbst als Werkzeug zu benutzen in dem Sinne, daß es seine Beute damit anklebt und somit an der Flucht verhindert. Es dürfte nicht viel Fälle im Tierreich geben, die diesem seltsamen Werkzeuggebrauch an die Seite zu stellen sind. ALBRECHT HASE.

[1] GÜNTHER KEMPF u. WOLFGANG NEU, Schleppversuche mit Hechten zur Messung des Wasserwiderstandes. Z. vergl. Physiol. **17**, 353—364 (1932).

[2] A. MAGNAN, Les caractéristiques géometriques et physiques des Poissons. Ann. des Sci. natur. sér. 10, **12** et **13**. Paris 1929 et 1930.

[3] RICHARD WOLTERECK, Grundzüge einer allgemeinen Biologie. Stuttgart 1932.

Berichtigung zu dem Vortrag:

Wandlungen der Grundlagen der exakten Naturwissenschaft in jüngster Zeit. Von W. HEISENBERG.

Da die Korrekturen dieses Vortrags nicht rechtzeitig in die Hände der Schriftleitung gekommen waren, sind einige Fehler stehengeblieben, die im folgenden berichtigt werden sollen:

S. 669: Z. 8 u. 10 links: Die Wörter „durchgeführt" und „durchforscht' sind zu vertauschen. Z. 5 rechts: statt „bestimmten" soll stehen „ohne weiteres bestimmten". — *S. 670*: Z. 9 rechts: statt „und EINSTEIN" soll stehen „und ihre Deutung durch EINSTEIN". Z. 15 rechts: statt „in dem" soll stehen „in den". Z. 33 rechts soll es heißen: „des Göttinger Kreises, DIRACS und SCHRÖDINGERS". — *S. 671*: Z. 8 rechts von unten: statt „und" soll stehen „auch". Z. 3 rechts von unten: statt „Wendung" soll stehen „Wandlung". — *S. 672*: Z. 13 links: statt „Zu" soll stehen „In". Z. 4 links von unten: statt „Relativitätstheorie" soll stehen „Relativitätstheorie und Quantentheorie". — *S. 673*: Z. 9 links: statt „gewiesen" soll stehen „gewonnen". Z. 15 links: statt „Leben der" soll stehen „Leben von". Z. 4 u. 3 links von unten: statt „Grenze . . . gesteckt wird" soll stehen „Grenzen . . . gesteckt sind". Z. 28 rechts: statt „anführen" soll stehen „ausführen". Z. 33—34 rechts: statt „grundsätzliche" soll stehen „grundsätzlich". — *S. 674*: Z. 10 links: statt „philosophischer" soll stehen „physikalischer". Z. 21 links von unten: statt „rationell" soll stehen „rational". Z. 5 links von unten: statt „Erforschungs-" soll stehen „Erfahrungs-". Z. 3 rechts von unten: statt „denen" soll stehen „die". — *S. 675*: Z. 20 links von unten: statt „Sinne" soll stehen „naiven Sinne". Z. 6 rechts: statt „denen" soll stehen „dem". HEISENBERG.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Ex.-Ing. e. h. Dr. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.